A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO E SEUS EFEITOS NAS ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A DESERTIFICAÇÃO

Leonardo Matiazzi Corrêa
Instituto Federal do Espirito Santo – Campus Serra
Rodovia ES – 010 – KM 6,5 – Manguinhos, Serra – ES CEP: 29173-087
E-mail:lmatiazzi@ifes.edu.br
Flavio Rodrigues Nascimento
POSGEOUFF- Campus Praia Vermelha
Avenida Milton Tavares de Souza, S/N - Gragoatá Niterói-RJ
E-mail: flaviorn@yahoo.com.br

Resumo

A pesquisa busca analisar de que forma a degradação ambiental motivada pelo uso e ocupação da bacia do rio Itaúnas contribuiu para a dinâmica ambiental das Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD). O recorte espacial abarca uma área de drenagem de aproximadamente 4.350km² localizada no norte do ES. A região é marcada pelo baixo índice pluviométrico e todo território da bacia hidrográfica está incluso na área da Sudene. O estudo em desenvolvimento se insere no âmbito do ordenamento ambiental territorial, estruturados a partir dos conceitos de bacia hidrográfica, degradação ambiental e desertificação, sob a ótica das categorias Paisagem e Geossitema. O objeto elencado envereda-se por uma linha teórico-metodológica fundamentada a partir de uma visão holísitica, privilegiando a abordagem sistêmica conforme a teoria Geossistêmica de Bertrand, compreendida na análise Geoambiental integrada de Souza, pela qual a pesquisa será fundamentada no intercâmbio entre os sistemas ambientais. A metodologia caminhará por uma revisão de literatura, seguidas por técnicas de SIG e de narrativas dos sujeitos que habitam as ASD, além de literaturas associadas à temática que serão elencadas para o embasamento teórico, como Cunha, Nascimento, Guerra, Cristofoletti, Monteiro, Ab'Saber, Choley e Kenedi, Drew, Gregory, Sochava, Mateo, Tricart, Ross entre outros.

Palavras-chave: paisagem, geossistema, degradação ambiental, bacia hidrográfica, desertificação.

1. Introdução

O trabalho busca analisar de que forma a degradação ambiental, motivada pelo uso e ocupação, nos últimos 45 anos da bacia do rio Itaúnas, localizada no norte do Espírito Santo, contribui para dinâmica ambiental das Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD). O rio Itaúnas possui 174 km de extensão, uma drenagem de aproximadamente 4.350 km2 e mais de 90% no norte do ES e os outros 10% localizam-se em MG e BA como mostra o mapa abaixo (Figura 1).

A unidade geomorfológica da bacia do rio Itaúnas, está localizada nos planaltos em morfoestruturas de cinturões orogenéticos e núcleos cristalinos arqueados, nos planaltos e serras do Atlântico leste-sudeste e nas planícies e tabuleiros costeiros.



FIGURA 1: Mapa de localização da bacia do rio Itaúnas.

A incorporação do lócus dentro do limite das ASD seguiu a definição do Atlas das Áreas Susceptíveis a Desertificação do Brasil, publicado pelo ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2007.

Os critérios utilizados foram as secas periódica que ocorrem no norte do Espirito Santo, mais a inclusão dos municípios da bacia do rio Itaúnas no campo de atuação dos programas emergências da Sudene que foram regulados pela lei federal nº 9.690, de 15 de julho de 1998 que colocou os municípios da região norte do Espírito Santo na lista de municípios atendidos.

No entanto, apesar da área de drenagem de 192 km^2 da sub-bacia do Angelim, localizada entre os municípios de São Mateus e Conceição da Barra ser abrangida pela Sudene, o atlas do MMA não incluiu dentro do limite das ASD as sub-bacias do rio Itaúnas próxima a foz.

Diante desse quadro, o lócus selecionado para a pesquisa reúne características singulares e significativas, que levam a indagações que potencializam o debate a respeito desta problemática ambiental, tanto no Brasil quanto no Espírito Santo.Sendo assim as questões da pesquisa são:

a) Como as alterações no uso e ocupação do solo dos últimos 45 anos, conduzidas pela expansão das atividades agro-silvo-pastoris influenciou a inclusão da bacia do rio Itaúnas nas ASD?

b) Quais os efeitos dessa degradação ambiental nas áreas da bacia do rio Itaúnas que não foram inclusas nas ASD?

Aceitamos a hipótese de que a degradação ambiental motivada pelo uso e ocupação podem mostrar como o desenvolvimento "silencioso" da dinâmica ambiental na bacia do Itaúnas colocou o ES nas ASD.

Objetivos.

1.1.1 Geral

Analisar de que forma a degradação ambiental motivada pelo uso e ocupação, nos últimos 45 anos, da bacia do rio Itaúnas contribui para a dinâmica ambiental nas ASD.

1.1.2 Específicos

a) identificar e caracterizar os sistemas físico-bióticos, considerando as principais variáveis ambientais, para subsidiar a compartimentação ambiental;

b) analisar a dinâmica espaço temporal do uso e ocupação da bacia do Itaúnas a partir da retrospectiva da paisagem para aferir a evolução da ASD.

c) compreender os impactos da ação humana e seus efeitos nas ASD.

d) propor o ordenamento ambiental.

2. Referencial Teórico

As bases teórico-conceituais serão apresentadas com a intenção de apontar as categorias e conceitos que serão utilizados na pesquisa. Elencamos, como categoria, a Paisagem e o Geossistema, na perspectiva de englobar os conceitos-chave para atingir as intenções almejadas. Os diálogos com autores que definem os conceitos de Bacia Hidrográfica, Degradação Ambiental, Desertificação e Território serão fundamentais para atingir nossos objetivos.

As ambições de trabalho junto aos estudos ambientais serão orientadas por uma desafiadora linha teórico-metodológica, pautada na visão holística conforme anunciado por Bertrand (1968). Também nos fundamentaremos na análise geoambiental integrada de Souza (2011), com base no intercâmbio entre os sistemas ambientais, considerando o potencial ecológico, a exploração biológica e as ações humanas na aferição das condições ambientais.

A luz da trama de conceitos e categorias que gravitam sobre a Paisagem desemboca na linha dos estudos ambientais integrados. Assim, tecer uma rede de diálogos com autores renomadoscomo Cunha, Nascimento, Guerra, Cristofoletti, Ross, Monteiro, Ab'Saber, Choley e Kenedi, Drew, Gregory, Sochava, Mateo. Tricart entre outros que possam contribuir com a pesquisa poderá subsidiar nossas conclusões a respeito do ordenamento ambiental territorial.

Propusemos a Paisagem como ponto de partida para atingir nossos objetivos, pois acreditamos que o Território, a Região, entre outros conceitos-chave da Geografia orbitam em volta da categoria analítica elencada. Portanto, esperamos tornar o conceito de Paisagem o mais amplo possível para dar conta

de toda sua complexidade.

Em relação à definição de Paisagem, Bertrand (1968) demonstra preocupação na construção de um referencial teórico que abarque a estrutura epistemológica da Geografia física. Nesse contexto, o Geossistema, corresponde a uma Paisagem nítida e bem circunscrita que se pode, por exemplo, identificar instantaneamente em fotografias aéreas que, por sua vez, de certa forma foram apresentadas na metodologia adotada para atingir nossos fins. Nesse aspecto decisório de estabelecer a categoria de análise, anunciamos a opção de adotar o conceito de bacia hidrográfica na perspectiva de apresentar o recorte espacial e a unidade ambiental para dar conta da problemática elencada.

3. Proposta de Metodologia

O caminho que optamos para atingir nossa proposta será orientado por um procedimento metodológico que percorrerá três etapas para alcançar os objetivos propostos, são eles:

3.1 Revisão Bibliográfica.

Nestes primeiros passos, foi realizada revisão de literatura esmiuçadora a respeito da temática. Pretendemos analisar os trabalhos sob financiamento das instituições fomentadoras de pesquisa e ensino no Brasil e no Espírito Santo para conectar as questões teóricas conceptuais que envolvem a degradação ambiental no Norte do Espírito Santo a inclusão da região nas ASD.

3.2 Técnicas de Sistemas de informações Geográficas (SIG).

No que corresponde as técnicas de SIG, os indicadores serão obtidos por duas variáveis: 1) tipo de uso e cobertura vegetal; 2) variação espaço-temporal. Nesse contexto, esperamos que a variação da espacialidade das culturas, ou seja, a expansão dos usos em um espaço de tempo de 45 anos (1975, 2000 e 2020) fornecerá indicadores para a percepção da degradação ambiental da bacia do Itaúnas como a cobertura vegetal, os solos e os recursos hídricos.

Evidenciar a importância da análise setorial será fundamental para relacionar as atividades produtivas uma a uma. Assim, para gerar os mapas resultantes dos processes de uso e ocupação, buscaremos setorizar cada tipologia do uso e ocupação para que possamos interagir com a unidade ambiental de ocorrência.

Com base nos estudos setoriais e análise do campo, procuraremos entender a ecodinâmica, já que o tipo de ocupação pode direcionar nossa análise para os meios criados por Tricart (1981). Os três meios que pretendemos criar são estável, de transição (intergrades) e o instável a partir do critério de alteração na cobertura vegetal e da morfogênese.

c) História Oral.

No que corresponde à história oral, buscaremos compreender a ação humana a partir das narrativas dos moradores que vivenciam os efeitos da degradação ambiental nas ASD que serão coletadas a partir de entrevistas. Nesse sentido, acreditamos que as percepções a peito da natureza, em especial suas relações com os solos, recursos hídricos e com a cobertura vegetal, serão importantes para subsidiar o ordenamento ambiental.

4. Desafio e Dificuldades

As adversidades condicionadas pela pandemia, principalmente no quesito das incertezas que se apresentam são os principais desafios para realização dos trabalhos de campo. Assim novas estratégias deveram ser pensadas para alcançar nossa proposta metodológica.

Além disso, o diálogo com pesquisadores e colegas antes realizados nos diversos espaços da universidade coloca-me enquanto pesquisador um tanto quanto solitário. Por fim, ao não vivenciar o espaço universitário e todo seu repertorio acadêmico nos levam de maneira repentina a buscar novos rumos para atingir nossos objetivos.

5. Resultados esperados

Apresentar e caracterizar os sistemas fisícos-bióticos para subsidiar a compartimentação ambiental, além disso, mostrar a importância da retrospectiva da paisagem para revelar a degradação ambiental e assim verificar a evolução da ASD na bacia do Itaúnas e assim compreender os impactos da ação humana e seus efeitos nas ASD.

Por fim, correlacionar técnicas de SIG com a história oral significa, propor o emprego de uma metodologia hibrida, original as quais desembocaram em estratégias mitigadoras que subsidiem a elaboração do ordenamento ambiental.

6. Agradecimentos

Agradeço ao Instituto Federal do Espírito Santo campus Serra por contribuir com o apoio para a pesquisa, a Universidade Federal Fluminense, mais especificamente ao renomado corpo docente do programa de pós-graduação em Geografia (Posgeouff), em especial ao meu orientador professor Flavio Rodrigues Nascimento que aceitou nos guiar por esses caminhos da Geografia.

7. Referências

AB"SABER. A.N. Bases conceituais e papel do conhecimento na previsão de impactos. In: AB'SABER, A. N.; Müller-Plantenberg (Org.) **Previsão De Impactos:** o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul: experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. São Paulo: Edusp, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das Áreas Suceptíveis à Desertificação do Brasil.** Brasília: MMA 2007.

COELHO NETTO. A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (org.) **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher, 1980.

CUNHA, Sandra B. da. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S.B. da; GUERRA,A. J. T. (org.). A questão ambiental diferentes abordagens. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 229-276.

CUNHA, Sandra B. da. Degradação ambientaL. In: CUNHA, S.B. da.; GUERRA, A. J. T. (org).

A geomorfologia e meio ambiente. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 337-376.

GUERRA, A.T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro, 9.ed: Bertrand Brasil.2011.

MEIHY, J.C.S.B. Manual de história oral. São Paulo: Loyola, 1996.

NASCIMENTO, F.R. O fenômeno da Desertificação. Goiânia: Eufgo, 2013. 205-226

Rodriguez, J.M.M. Silva, E.V. Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistemica. Fortaleza:Ed.Ufc2013

ROSS, Jurandyr L. S. Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SOUZA, M.J.N. OLIVEIRA, V.P.V. de. Análise ambiental: uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa. Rede: Revista Eletrônica do Prodema, v. 7, p. 42-59, 2011.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Desertificação: recuperação e desenvolvimento sustentável. In: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S.B. da (org.). 5. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

TRICART, J. Ecodinâmica.Rio de Janeiro: Supren/IBGE,1981

A INFLUÊNCIA DO SOLO E DA MORFODINÂMICA PRAIAL NA RESTINGA DA PRAIA DA ARMAÇÃO, FLORIANÓPOLIS-SC

Claudio Boeira Júnior
Universidade do Estado de Santa Catarina
Av. Me. Benvenuta, 2007 - Itacorubi, Florianópolis - SC
88.035-901
E-mail: claudio.boeira@gmail.com
Maria Carolina Villaça Gomes
Universidade do Estado de Santa Catarina
Av. Me. Benvenuta, 2007 - Itacorubi, Florianópolis - SC
88.035-901
E-mail: mcarolvg@gmail.com

Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da granulometria dos solos e da morfodinâmica praial na distribuição da vegetação de restinga ao longo da Praia da Armação, SC. Para tanto, foram adotados os procedimentos: definição dos setores a serem estudados no arco praial, com base na fisionomia da vegetação; coleta das amostras com o trado manual; análise granulométrica; caracterização do porte da vegetação; e levantamento de dados sobre a morfodinâmica praial. Em ambos os setores predominou a fração a areia fina (66% no perfil S1P1, 65% no S2P1 e 85% no S2P2), havendo variações nesses percentuais em profundidade, o que ajuda a explicar as diferenças da comunidade vegetal. Ademais, a maior proteção do vento e do spray salino no S1, proporcionado pelo promontório rochoso e da maior largura do pós-praia, pode explicar a existência de uma vegetação arbustiva mais alta, mostrando a influência tanto dos solos quanto da morfodinâmica praial na vegetação de restinga.

Palavras-chave: Neossolos quartzarênicos. Vegetação de restinga. Morfodinâmica praial.

Introdução

Os solos comumente encontrados na planície costeira são, de acordo com Torrado e Ferreira (2017), os Neossolos Quartzarênicos e os Espodossolos. Por apresentar substrato predominantemente arenoso, quartzoso, oligotrófico e com pouco conteúdo de argila, a diferenciação morfológica e pedogenética na planície costeira é dependente da instalação e do porte da vegetação e seu aporte de matéria orgânica ao solo (TORRADO e FERREIRA, 2017).

De acordo com Araújo e Lacerda (1987) e Leão e Dominguez (2000), o ecossistema da restinga é definido pelas condições do solo arenoso e pela influência que essa vegetação tem do mar, possuindo um solo quimicamente pobre tendo como principal fonte de nutrientes o *spray* salino.

A vegetação de restinga normalmente se distribui nos terrenos recentes das planícies costeiras, e, por esta posição, normalmente encontram-se muito próximas às praias. Portanto, certamente a morfodinâmica do ambiente praial contribui para a diversidade fisionômica dessa formação vegetal. Em geral, quanto menos exposto aos fatores oceanográficos e quanto mais desenvolvido o solo, há uma condição mais favorável à existência das fisionomias de porte mais desenvolvido, o que geralmente está associado à distância da linha de costa.

Na costa da Ilha de Santa Catarina (ISC) a vegetação de restinga geralmente se apresenta de forma herbáceo-arbustiva, condicionada pela pouca disponibilidade de água e nutrientes e uma grande exposição à salinidade e ventos. A restinga adjacente à praia da Armação (sul da ISC), por sua vez, difere desse padrão por ser arbustiva desde o início da retropraia, e, no que se refere ao arco praial em que está inserida, destaca-se a grande variação morfossedimentar longitudinal. Desta forma, este trabalho pretende discutir o papel das características granulométricas dos solos e da morfodinâmica praial na distribuição da vegetação de restinga adjacente à praia da Armação, ilha de Santa Catarina.

Pouco se conhece ainda sobre os fatores que influenciam e controlam a distribuição da vegetação de restinga. Com esse trabalho, procura-se compreender o desenvolvimento da vegetação no espaço em que ela ocupa, relacionando os aspectos dos solos e da dinâmica costeira. Nesse sentido, a Classificação da vegetação brasileira proposta por IBGE (2012) afirma que tais formações, características de ambientes com influência marinha, tem como maior fator controlador os solos muito jovens ou em constante rejuvenescimento. No entanto, poucos são os trabalhos que avaliam conjuntamente a influência dos solos e da morfodinâmica costeira na distribuição destas formações vegetais.

Área de Estudo

A Ilha de Santa Catarina está situada no setor central do litoral do estado de Santa Catarina. A praia da Armação (Figura 1) se situa na porção sudeste da ISC, tendo uma extensão de 3.200m.

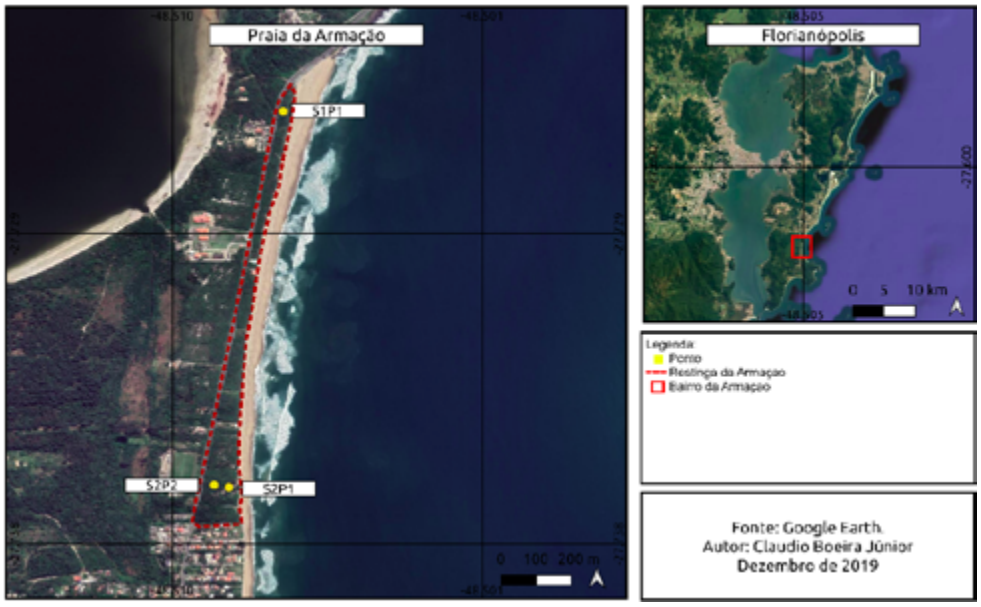


Figura 1: Localização da área de estudo na ilha de Santa Catarina.

Conforme Castilhos (1995), a Ilha de Santa Catarina tem sua formação associada à presença de maciços rochosos pré-cambrianos interligados através de sedimentação quaternária costeira originada em ambientes deposicionais continental, marinho e transicional. Os topos têm sua altitude em tomo de 400m e as encostas, dissecadas por uma drenagem incipiente, apresentam vales encaixados em forma de "V" e pouco profundos. Esses relevos estão representados pelas elevações que circundam e delimitam a Bacia Hidrográfica da Lagoa do Peri, atingindo 440m de altitude no Morro da Chapada.

Do ponto de vista geológico, a Ilha de Santa Catarina é composta pelo embasamento cristalino Granito Ilha; intrusões de diabásio referente à Formação Serra Geral; por diques básicos associados à Suite Cambirela e por depósitos quaternários associados aos sistemas de deposição continental e transicional (HORN FILHO et al., 2014).

Castilhos (1995) diz que o clima na Ilha de Santa Catarina apresenta características inerentes ao litoral Sul brasileiro, com estações refletindo condições típicas de latitudes subtropicais. Para Nimer (1989), o clima na região de Florianópolis corresponde ao temperado de categoria subsequente com baixos valores de amplitude térmica anual.

O encontro das massas Tropical Atlântica e Polar Atlântica leva à formação de frente polar, ocasionando mudanças no tempo atmosférico em qualquer estação do ano. Uma maior intensidade dessas frentes é, no entanto, observada durante os meses de inverno e primavera (MONTEIRO, 1992).

Castilhos (1995) observou em seu trabalho que na praia da Armação do Pântano do Sul as ondas dominantes provêm de nordeste (20.5%), sudeste (6%) e sul (11%). O período das ondulações indica que até 5 segundos estão associados principalmente às ondulações de nordeste e leste, enquanto com períodos acima de 8 segundos estão relacionadas às ondulações de sul e sudeste. O regime de micromarés é acompanhado por eventos de marés meteorológicas decorrentes das passagens de sistemas frontais ciclônicos ou frentes frias, que são acompanhados de fortes tempestades vindas de sul e sudeste principalmente nos meses de outono e inverno (TRUCOLLO, 1998).

A praia da Armação possui uma tendência ao estado refletivo, apresentando uma grande declividade praial de cerca de 15º, uma largura praial média de 20 metros e a amplitude da duna frontal de 0,5m.

Conforme o Atlas do município de Florianópolis (2004), nas restingas da Ilha de Santa Catarina predominam os neossolos quartzarênicos e nos depósitos de dunas antigas. De acordo com Bresolin (1979) o solo arenoso do litoral da Ilha de Santa Catarina é em geral profundo e móvel, sendo encontrado minerais e água disponivel só em camadas mais profudas. Além de serem oligotróficos, possuem concentrações de sódio transportado pelo *spray* salino, o que leva a sua colonização apenas por espécies pouco exigentes e de pequeno volume.

De acordo com Castilhos (1995), na planície da Praia da Armação, a utilização agrícola de longa data da área de terraço mais elevado levou à supressão da cobertura vegetal primária. O abandono das plantações a partir da criação do Parque Municipal da Lagoa do Peri na década de 1970 levou ao surgimento de uma cobertura vegetal secundária com vários estágios de sucessão. Atualmente, o terraço situado à retaguarda da praia se apresenta, em sua maior parte, recoberto por vegetação típica de restinga, e, em virtude do crescimento imobiliário, sua existência está ameaçada.

Peixoto *et al.* (2010) em seu trabalho mostra que na praia da Armação, diferentemente das outras praias da ISC diversas espécies apresentam potencial arbóreo, e explica que, provavelmente, isso se dê ao fato de menor teor salino no sedimento, à baixa energia de onda e a granulometria que possui menor mobilidade. Destaca-se, ainda, que não se observa a progressiva mudança de porte da vegetação (pioneiras, herbácea, arbustiva e arbórea), com transição entre elas, mas a ocorrência de fitofisionomia arbustiva muito próxima ao sistema praial.

Metodologia

A definição dos pontos da pesquisa foi realizada com base em trabalhos prévios (PEIXOTO *et al.,* 2010; FERREIRA, 2019; e CASTILHOS, 1995) e um reconhecimento de campo. Levou-se em conta as diferenças apresentadas em relação à distribuição da vegetação de restinga bem como quanto às características do desenvolvimento vegetal. Embora predominantemente arbustiva, há variações quanto ao desenvolvimento vertical da comunidade vegetal. Também foram consideradas as características morfossedimentares e oceanográficas do arco praial. Ao fim, foram selecionados dois setores do arco praial, um localizado a norte (S1) e outro no setor central da praia da Armação (S2), a fim de auxiliar na comparação da influência dos fatores naturais ali encontrados com o desenvolvimento vegetal da restinga. Os setores foram georreferenciados com a utilização de GPS.

O local de coleta das amostras foi pré-definido com base no reconhecimento de campo para definição dos setores a serem investigados. Em virtude da maior homogeneidade da vegetação no S1, foi selecionado um ponto (S1P1) para a coleta e, por conta da mudança da altura média da restinga arbustiva no S2, foram definidos dois pontos – um localizado na área recoberta pela restinga mais baixa (S2P1) e um segundo na área de ocorrência da restinga arbustiva mais alta (S2P2).

Os três perfis foram amostrados com o uso de um trado holandês, tendo como base a análise tátil-visual (mudança de textura, cor e umidade). As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos com identificação do setor, do ponto e sua profundidade.

A análise granulométrica foi realizada no Laboratório de Geologia e Mineralogia (LGEM), localizado no Centro de Ciências Humanas e da Educação (FAED) na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). O pré-tratamento das amostras envolveu sua lavagem com água destilada, posterior secagem em estufa a 60ºC e quarteamento. Em seguida, realizou-se o peneiramento das mesmas em um agitador mecânico com 8 peneiras de diferentes malhas, assim separando os sedimentos por tamanho. Por fim, a pesagem dos sedimentos, cujos 50g utilizados, ao ser fracionado em cada malha das peneiras, foram pesados, definindo, assim, o percentual de cada tamanho no total da amostra.

Para a classificação dos sedimentos foi utilizado a Escala de Wentworth, que consiste em uma escala logarítmica de classificação granulométrica dos sedimentos, dos mais finos para os mais grossos, criado em 1922 por C. K. Wentworth. Essa escala é utilizada por muitos trabalhos realizados nesse segmento, possibilitando a comparação entre resultados obtidos através das análises com trabalhos já realizados na área de estudo.

A caracterização da vegetação foi realizada em trabalho de campo de observação direta e identificação da fisionomia da vegetação (IBGE, 2012) e da caracterização do porte. Essa caracterização foi realizada a partir de um transecto transversal à praia e os registros em campo contaram com dados preexistentes levantados por Peixoto (2010) e Falkenberg (1999), assim como o Guia ilustrado da flora da restinga de Santa Catarina (2016).

Para avaliar a relação entre os parâmetros de morfodinâmica praial, da granulometria do solo e da estrutura da comunidade vegetal estabelecida nos setores estudados, primeiramente foram analisados os dados referentes a cada setor estudado disponíveis em trabalhos prévios (CASTILHOS, 1995 e FERREIRA, 2019). Verificando e comparando cada ponto com a ocorrência vegetal que o mesmo possui.

Resultados e discussões

De forma geral, em ambos os setores a fração granulométrica predominante foi a AF (em média de 72%), seguida pela fração AM (em média de 22%). A distribuição granulométrica em profundidade apresentou diferenças entre os três perfis estudados.

No S1P1 (Figura 2) o perfil apresentou em sua maioria AF (média de 65%), possuindo também um elevado percentual de AM (média de 30%), seguido por AMF e uma quantidade pequena de S+A. Em relação à distribuição da fração mais abundante, houve uma mudança na profundidade de 80cm em relação ao perfil. Aos 10cm o percentual de AM foi (29%) enquanto aos 80cm reduziu para (19%).

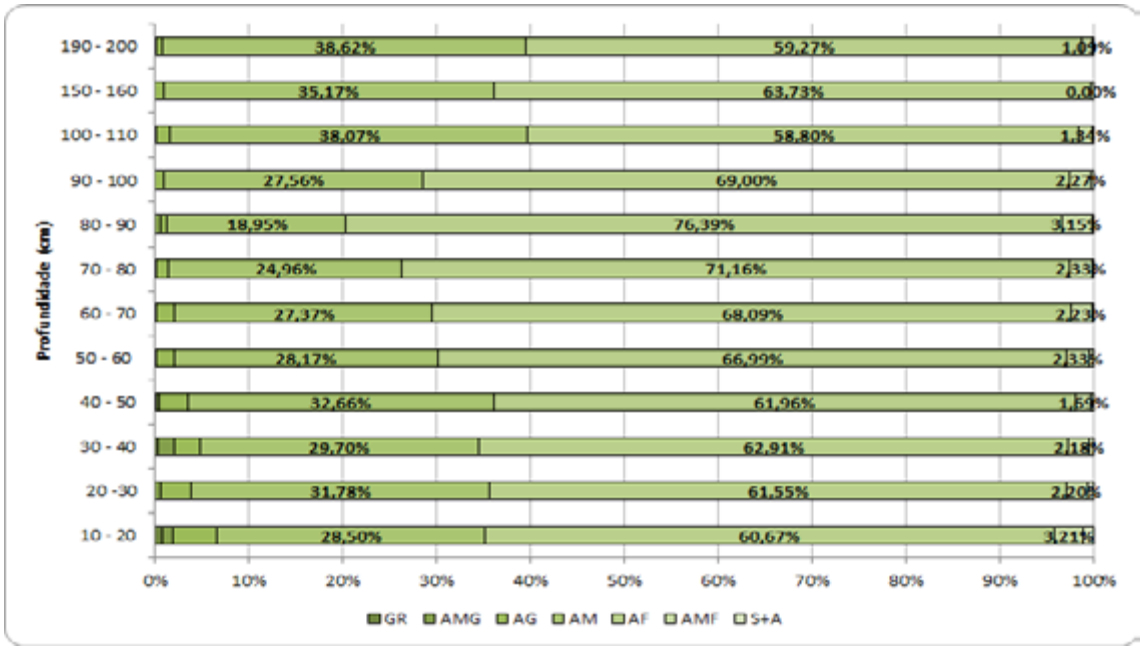


Figura 2: Gráfico de Distribuição Granulométrica do S1P1, onde GR= Granulo, AMG= Areia Muito Grossa, AG= Areia Grossa, AM= Areia Média, AF= Areia Fina, AMF= Areia Muito Fina, S+A=Silte + Argila.

No S2P1 (Figura 3) o tamanho dos grãos AF também é predominante ao longo de todo o perfil (66,2%). Destaca-se que os percentuais de AF até 110cm superam os 70%, enquanto a partir de 120cm a AM apresentou um aumento significativo, indo de 17,5% aos 110cm para 40,7% aos 120cm, em detrimento da AF, que foi reduzida de 76,60% entre 100cm e 110cm para 54,5% entre 120cm e 135cm. A partir deste intervalo, a AM continuou apresentando valores expressivos, como 48% aos 160cm.



Figura 3: Gráfico de Distribuição Granulométrica do S2P1, onde GR= Granulo, AMG= Areia Muito Grossa, AG= Areia Grossa, AM= Areia Média, AF= Areia Fina, AMF= Areia Muito Fina, S+A=Silte + Argila.

O S2P2 possui um mesmo padrão de distribuição dos grãos (Figura 4) independente da profundidade coletada, apresentando, mais uma vez, a predominância de AF nas amostras, as quais possuíram o maior percentual total (média de 85,5%). A AM, por sua vez, tem uma média de (10,2%), seguido pela AMF (com média de 3% do total).

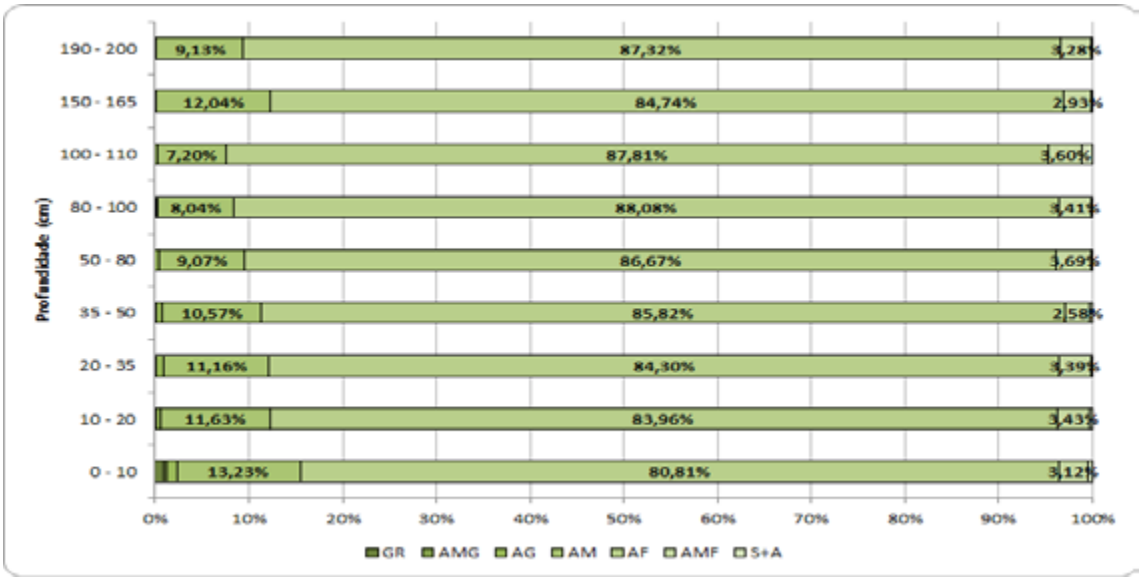


Figura 4: Gráfico de Distribuição Granulométrica do S2P2, onde GR= Granulo, AMG= Areia Muito Grossa, AG= Areia Grossa, AM= Areia Média, AF= Areia Fina, AMF= Areia Muito Fina, S+A=Silte + Argila.

No que se refere à vegetação, houve diferenças entre os setores estudados bem como variações ao longo dos mesmos. No setor definido como S1, foi identificada uma única fisionomia, a restinga arbustiva, que apresentou um aumento da altura dos arbustos e a redução do estrato herbáceo à medida que se distancia da linha de costa. No S2, verificou-se o predomínio da restinga arbustiva, no entanto, muito próximo à borda do terraço marinho foram encontrados muitos indivíduos de espécies herbáceas. Este setor foi subdividido em dois – S2P1 com ocorrência de restinga herbáceo-arbustiva e S2P2 com a restinga arbustiva. A vegetação no S2P1 é mais densa devido à presença dos dois estratos, enquanto o S2P2 apresenta os arbustos com maior altura e menor diversidade florística. (Figura 5).



Figura 5: Fisionomia da vegetação nos dois setores (S1 e S2).

Para a caracterização dos aspectos morfossedimentares e oceanográficos dos pontos estudados foram utilizados dois trabalhos realizados em períodos distintos, Castilhos (1995) e Ferreira (2019).

No que diz respeito à dinâmica das ondas, os dois setores mantêm uma semelhança entre si. Ferreira (2019) observou que ambo os setores da praia da Armação apresentaram, ao longo do ano, correntes litorâneas provenientes da mesma direção, com exceção do S1, que no verão alem de sul também ouve correntes de norte.

De acordo com Abreu de Castilhos (1995), a praia da Armação apresentou uma face praial com declividade alta (aproximadamente 15º), largura praial de 20 metros e amplitude da duna frontal de 0,5 metros. Outra característica a ser destacada é a proteção das ondas pela presença de um promontório. A praia da Armação possui uma tendência a estado refletivo, apresentando uma grande declividade praial de cerca de 15º uma largura praial de 20 metros e a amplitude da duna frontal de 0,5 metros.

Durante o monitoramento realizado por Ferreira (2019) entre 2017/2018, o setor central da praia (S2) teve um saldo negativo no balanço sedimentar enquanto o setor norte (S1) teve um saldo positivo.

No S1P1 é observada uma pequena mudança na distribuição das frações granulométricas com a profundidade, apresentando uma redução do percentual de AM na profundidade de 80cm, a qual volta a aumentar a partir de 110cm. No P2S1 esse comportamento é muito semelhante, na profundidade de 85cm tem uma diminuição de AM e a partir de 120cm o percentual de AM volta a aumentar significativamente. Ambos possuem comportamento semelhante, porém, no S1P1 a AM tem um valor maior em relação ao total em detrimento da AF.

Quanto aos dois perfis investigados no S2, o S2P1 a distribuição granulométrica até a profundidade de 110cm pouco variou, mantendo a predominância de AF (de 69% a 80%), enquanto a AM apresentou percentuais entre 15% e 23%. No entanto, entre a profundidade de 120cm e 160cm a AM se destaca, variando entre 40% até 48%, abaixo desta profundidade a amostra voltou a apresentar uma distribuição semelhante ao restante do perfil.

O ponto S2P2 difere do S2P1 por apresentar percentual superior de AF e por não ter variações significativas de nenhuma fração granulométrica em profundidade (AF variando entre 81% e 88% e a AM, 7% a 13%). Portanto, é notória a diferença no padrão de distribuição de cada um – embora a AF seja predominante em ambos, no S2P1 seu percentual inferior ao do S2P2, além de apresentarem diferentes distribuições granulométricas em profundidade. Embora uma pedogênese diferenciada possa ser responsável por isso, o material de origem, depósitos marinhos holocênicos, também pode justificar tal distribuição.

Quanto à vegetação, de maneira geral ao longo do setor S2P1 observou-se uma cobertura muito densa, não possuindo um grande desenvolvimento vertical. No S2P2 a vegetação deixa de ser muito densa e torna-se mais aberta e, nesse caso, as espécies atingem uma altura maior. Quanto à composição florística, a despeito da diferença de desenvolvimento de porte, não houve diferença significativa entre os setores; salvo algumas exceções, a maior parte das espécies que foram encontradas no S2P1 também ocorrem nas proximidades do S2P2, diferindo no tamanho. O porte das espécies é, em sua maioria, arbustivo, não possuindo nos setores analisados a presença de espécie arbórea nativa.

A vegetação existente no S1 também é menos densa como no S2P2, possuindo um bom desenvolvimento das espécies e nesse caso atingindo uma

altura significante, esse ponto possui uma altura e um desenvolvimento maior que no S2P1, mas possui uma altura e porte menor que o S2P2, em comparação, apesar de estar próximo ao pós-praia esse ponto se assemelha muito mais com S2P2 do que ao S2P1. Nesse ponto a vegetação tem uma fisionomia muito semelhante ao longo de todo o setor, se diferenciando somente próximo ao pós-praia, onde é notório o efeito do vento e da salinidade, já que a vegetação se encontra com uma aparência seca.

Ao analisar a granulometria dos solos e sua relação com a vegetação, pode-se dizer que o tamanho dos grãos tem influência direta no desenvolvimento das espécies vegetais. O predomínio de AF, ainda que com teores variáveis entre os perfis, contribui para a maior retenção de água, a qual pode ser acessada pelo sistema radicular das plantas e, assim, favorecer o seu crescimento. Conforme o tamanho do grão fica maior a drenagem da água é facilitada, ocasionando, assim, menor quantidade de água disponível para a vegetação. Apesar de existir uma predominância de AF e AM, os dois tamanhos de grão possuem uma diferente função, quanto maior a presença de AM no percentual total, menor será a disponibilidade de água e quanto maior a presença de AF maior será a disponibilidade. Isso é visto se analisar os perfis P1 e P2 do S2, onde no S2P1 o solo tem uma quantidade maior de AM, consequentemente a vegetação não possui um bom desenvolvimento vertical, se limitando o crescimento da mesma e por ser um setor de menor disponibilidade de água e de uma densa vegetação, acaba por não possuir nutrientes e água suficiente para que todas as espécies se desenvolvam da melhor maneira. No entanto, no S2P2 a ocorrência de AF é nitidamente maior em relação ao S2P1, sendo assim, pode armazenar mais água e, consequentemente, um maior crescimento das plantas, as quais apresentaram uma maior altura.

Os parâmetros oceanográficos e morfológicos também possuem um papel importante no desenvolvimento das espécies da vegetação de restinga. Neste caso, os dois setores analisados possuem diferentes características morfo-dinâmicas e, com isso, acredita-se que influenciam a vegetação de diferentes modos. O S1 apesar de possuir um solo cuja granulometria pode dificultar a retenção de água, apresenta uma vegetação bem desenvolvida e alta, isso pode ser explicado pelo fato de esse setor ter uma grande largura média do pós-praia e se localizar num ponto mais protegido do spray salino e dos ventos. Segundo Ferreira (2019), a largura média da praia nesse ponto na primavera (estação em que foram realizados os trabalhos de campo da pesquisa ora apresentada) é de 62m, uma largura muito superior àquela do S2, que possui somente 26m. Tal fato pode ser um fator decisivo para as espécies vegetais, quanto maior a largura da praia, menor influência dos ventos do *spray* salino que provém do mar em direção à restinga, ajudando no desenvolvimento das espécies, pois ali elas se encontram mais protegidas. Situação oposta é observada no S2, que possui uma largura média menor e está localizado num ponto de grande energia de ondas, logo sua vegetação não é bem desenvolvida e possui menor tamanho, as espécies vegetais nesse ponto são atingidas diretamente pelos ventos e pela ação do mar, dificultando assim seu desenvolvimento e sua permanência.

O balanço sedimentar dos pontos também são diferentes nessa estação bem como ao longo do ano; no S2 o balanço é negativo, ou seja, há maior saída de sedimentos do que deposição, já no S1 o balanço é positivo, sendo a retirada de material menor do que o aporte, isso influencia diretamente na largura da praia e assim consequentemente na ação marinha no setor estudado. A declividade assim como o restante também se diferencia nos pontos, conforme Ferreira (2019) no S1 a declividade é de 9º no S2 é de 19º, isso impacta na ação das ondas e na sua energia dissipada na praia. O S2P2 como fica protegido das ações dos ventos, do mar e do *spray* salino possui um melhor desenvolvimento de sua vegetação, é o setor que possui uma altura maior das espécies e uma melhor condição de

desenvolvimento, tanto na questão do solo quanto na dinâmica praial, por isso é um ponto que se diferencia dos outros setores estudados.

Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da granulometria dos solos e da morfodinâmica praial na distribuição vegetação de restinga ao longo da Praia da Armação, Florianópolis-SC. Buscou-se, a partir da análise granulométrica, a identificação e caracterização das espécies vegetais e do levantamento dos dados secundários a fim de compreender a distribuição da vegetação de restinga nos dois setores selecionados. A praia da Armação foi escolhida pois se destaca em relação às demais praias da ISC por possuir uma vegetação majoritariamente arbustiva e, como o arco praial possui uma expressiva variabilidade morfossedimentar, foi possível identificar os aspectos naturais que interferem na sua distribuição. Foi observado que os setores investigados apresentam uma restinga com diferenças fisionômicas e florísticas, com diferente distribuição granulométrica e diferentes condições de exposição aos agentes oceanográficos. Os solos nesse setor da planície costeira da ISC são arenosos e possuem principalmente AF, ainda que possuam diferentes percentuais da mesma em cada setor. Os maiores percentuais são responsáveis por uma maior capacidade de retenção de água, contribuindo para um melhor desenvolvimento das espécies vegetais. Desta forma, entende-se que a granulometria foi uma ferramenta importante nessa pesquisa.

As espécies que formam a comunidade vegetal encontrada em cada ponto são predominantemente arbustivas e nativas. A vegetação possui diferentes alturas médias e mostra um desenvolvimento diferente em cada setor, aspectos que estão relacionados diretamente à morfodinâmica praial e do solo.

Os dados preexistentes levantados de trabalhos anteriores e os dados aqui produzidos foram importantes ferramentas para reconhecer que diferentes solos proporcionam diferentes ambientes para o crescimento da vegetação de restinga e que a morfodinâmica da praia contribui muito para a compreensão da mudança da fisionomia da comunidade vegetal quando os solos não as justificam.

Referências

ARAÚJO, D.S.D. & LACERDA, L.D. 1987. **A natureza das restingas**. Ci. Hoje, 6:42-48

BINFARÉ, R. W. 2016 **Guia ilustrado da flora da restinga de Santa Catarina.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC.

BRESOLIN, A. **Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina**. 1979. 10 v. Departamento de Biologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

CASTILHOS, J. A. 1995 **Estudo evolutivo sedimentológico e morfodinâmicos da planície costeira e praia da Armação - Ilha de Santa Catarina, SC.** Florianópolis – SC

FALKENBERG, B. D. 1999. **Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil.** Insula, 28: 1-30.

FERREIRA, J. A. 2019. **Variabilidade morfossedimentar temporal da praia da Armação, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil.** Florianópolis – SC.

FLORIANÓPOLIS. IPUF. 2004. **Atlas do município de Florianópolis**. Coordenação de Maria das Dores de Almeida Bastos. Florianópolis: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, 2004. 166p.

HORN FILHO, N.O, SCHMIDT, A.D., BENEDET, C., NEVES, J., PIMENTA, L.H.F., PAQUETTE, M., ALENCAR, R., SILVA, W.B., VELLELA, E., GENOVEZ, R. E SANTOS, C.G. 2014. **Estudo geológico dos depósitos clásticos quaternários superficiais da planície costeira de Santa Catarina, Brasil.** Gravel, 12(1): 41-107.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2012. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira, Rio de Janeiro. 137p.**

LEÃO, Z.M.A.N. & DOMINGUEZ, J.M.L. **Tropical coast of Brazil**. Mar. Poll. Bull., 41:112-122, 2000.

MONTEIRO, M. A. (1992) **Avaliação das condições atmosféricas de Florianópolis para controle da qualidade do ar.** Florianópolis, Dep. Geociências, UFSC. (inédito). Monografia de conclusão de curso.

NIMER, E. (1989) **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE.

PEIXOTO, J. R. V, CATELLANI, T. T, HORN FILHO, N. O, OLIVEIRA, U. R. 2010. **Relação da morfodinâmica praial e da vegetação da duna frontal da Praia do Santinho, SC, Brasil.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

TRUCOLLO, E. C. 1998. **Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul – SC**. Dissertação de mestrado. Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC.

TORRADO, P. ; FERREIRA, T. O. 2017 **Solos de restingas e áreas úmidas costeiras. In: pedologia: solos dos biomas brasileiros.** São Paulo - SP

A INTEGRAÇÃO DO CONHECIMENTO GEOGRÁFICO: PERSPECTIVAS CRÍTICAS DA ABORDAGEM GEOSSISTÊMICA

Caio Faria da Cunha Barbosa Adorno
Universidade Federal de Alfenas
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Bairro: Centro - CEP: 37130-001
E-mail: caioadorno31@gmail.com
Clibson Alves dos Santos
Universidade Federal de Alfenas
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Bairro: Centro - CEP: 37130-001
E-mail: clibsonsantos@gmail.com

1. Apresentação/Problemática

O conceito de geossistemas constrói uma proposta integradora de caráter heterogêneo e dinâmico para o espaço geográfico, já que aborda de maneira sistêmica a paisagem como um todo (MONTEIRO, 2001. CHRISTOFOLETTI, 1999. BERTRAND, 2004). Adotando a paisagem como um sistema aberto, de relação constante com os elementos que a compõem, a análise geossistêmica compreende a totalidade como resultado das interações e inter-relações dos componentes (RODRIGUEZ, 1994).

A leitura da complexidade ambiental, pelo paradigma geossistêmico, traz à tona a necessidade de realçar a conexão entre os níveis de organização espacial com os mecanismos endógenos e exógenos da Terra (DUTRA GOMES & VITTE, 2018). Em busca de melhorias na gestão e planejamento do espaço, a teoria dos geossistemas precisa se adaptar às mudanças e permanências do espaço-tempo da humanidade, que compõe o quadro natural (DUTRA GOMES e VITTE, 2017). A crítica parte da premissa de construir um caminho integrador na geografia.

2. Referencial teórico

O estudo da paisagem em geografia apresenta um sério problema de método que interfere no exercício desta ciência (BERTRAND, 2004). Quando a organização do espaço está em voga, é preciso ressaltar a falta de articulação da unidade "Geografia", que remete aos séculos XVIII e XIX (MOREIRA, 2008). Enquanto a unidade se concretizava como ciência, com rigor epistemológico, surgiam diferentes correntes do pensamento geográfico, de um lado a Geografia Física, com bases na Teoria do Ciclo Erosivo de Davis (1899), e do outro uma geografia social, que ficou conhecida como a grande área da Geografia Humana, com bases na Geografia Regional (MOREIRA, 2008).

A necessidade de compreender o espaço como uma entidade natural, formada pelas relações entre os componentes da natureza, e nestes se inclui o homem, trouxe nova dinâmica à geografia (CUNHA & FREITAS, 2004). A esfera geográfica destacava que a dinâmica dos sistemas dependia da inter-relação de seus componentes (CHRISTOFOLETTI, 1999). A exclusão do homem como componente da natureza é reflexo da dualidade que perturba a geografia (SOUZA, L. B.; LIMA, P. S.; SANTOS, S. R, 2020).

De acordo com a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), proposta pelo austríaco Ludwig Von Bertalanffy (1969), a visão da paisagem como um sistema se estabeleceu (MENDONÇA, 2002). A partir desta visão, o sistema considerado é resultado das interações entre suas unidades, e não da soma delas (AMORIM FILHO, 1998). Assim, ficou evidente que uma variação entre um dos componentes pode refletir no sistema como um todo (CHRISTOFOLETTI, 1999). Uma análise subsidiada pelo axioma holístico vai considerar o todo como resultante da inter-relação de seus elementos e a teoria geossistêmica oferece o aporte teórico para a concretização deste objetivo. O presente trabalho considera que a teoria dos geossistemas fornece subsidio à analise integrada da paisagem, principalmente com bases geomorfológicas, como já destacou Crepane (2001).

3. Metodologia

Foram levantados artigos que assumiram a teoria dos geossistemas como proposta de análise do espaço. Além dos artigos, os autores também realizaram a leitura da obra de Carlos Augusto Figueiredo de Monteiro, intitulada "Geossistemas: a história de uma procura", de 2001. Em seu trabalho, Monteiro destaca a falta de articulação da unidade geográfica e a dificuldade de articulação entre a complexidade emergente da dualidade epistêmica homem e natureza.

Desta maneira, o presente trabalho buscou analisar o caminho geossistêmico utilizado pelos trabalhos dos últimos vinte anos nas revistas acadêmicas de produção geográfica. A seleção dos artigos foi feita com base nos temas, objetivos, motivações e resultados obtidos nos trabalhos. Foram selecionadas revistas consagradas na área da Geografia, como Sociedade & Natureza; Mercator; Okara: Geografia em debate; GEOgraphia; Geosul; Raega: O espaço geográfico em análise; e Revista do Departamento de Geografia da USP.

4. Desafios/Dificuldades

As dificuldades para a construção de uma crítica teórica-metodológica como a objetivada no presente trabalho está firmada na subjetividade que a formação acadêmica individual pode causar. A dualidade emergente na episteme geográfica é debatida há muito tempo, e as metodologias de análise da paisagem buscam romper essa dicotomia sem quebrar a relação complexa que divide a ciência geográfica em humana e física. Logo, torna-se necessário compreender as melhores maneiras de se construir uma proposta capaz de identificar os limites existentes em nosso objeto de estudo, o espaço geográfico.

5. Resultados esperados.

Com a análise dos artigos consultados o trabalho busca destacar que a complexidade homem-natureza não deve ser reduzida a uma relação pautada por apenas um viés geográfico-metodológico. Busca ressaltar que a teoria geossistêmica pode oferecer um caminho para a análise integrada do espaço ao passo que os sistemas antrópicos não são antagônicos ao sistema natural, mas sim uma complexa engrenagem do grande mecanismo, a paisagem.

Referências

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. RA´E GA, Curitiba, n. 8, 141-152, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher, 1999

CUNHA, S. B.; FREITAS, M. W. D. Geossistemas e Gestão Ambiental na bacia hidrográfica do rio São João - RJ. GEOgraphia. UFF. v. 6, n. 12, p. 87-110, 2004.

DUTRA-GOMES, R.; VITTE, A. C. Geossistema e Complexidade: sobre hierarquias e diálogo entre os conhecimentos. Ra'e Ga: Espaço Geográfico em Análise, v. 42, p. 149-164, 2017

DUTRA-GOMES, R.; VITTE, A. C. O Geossistema pela Complexidade: Uma releitura das Esferas Geográficas. Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 35, p. 15-27, 2018.

MONTEIRO, C. A. F. Geossistemas: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2001

MOREIRA, R. Pensar e ser em Geografia: ensaios de história, epistemologia e ontologia do espaço geográfico. São Paulo: Contexto, 2008.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. Teoria dos Geossistemas: o legado de V. B. Sochava: volume I. Fundamentos Teóricos--Metodológicos. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

SOUZA, Lucas Barbosa de; LIMA, Péricles Souza; SANTOS, Simoni Rodrigues. DA TEORIA DOS GEOSSISTEMAS À GEOGRAFIA FÍSICA CRÍTICA: o que há de novo na busca por abordagens integradoras na ciência geográfica? Revista Okara: Geografia em Debate, João Pessoa, v. 14, n. 1, p. 122-136, jul. 2020. Disponível em: https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/okara. Acesso em: 09 ago. 2020.

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DAS MODELAGENS DE EROSÃO DO SOLO: PANORAMA GERAL

Kássio Samay Ribeiro Tavares
Universidade de Campinas/Instituto de Geociências/ Programa de Pós-Graduação em Geografia
Rua Carlos Gomes, 250, CEP: 13083-855, Campinas, SP
E-mail: kassiosamayribeiro@gmail.com
Selma Simões de Castro
Universidade de Campinas/Instituto de Geociências/ Programa de Pós-Graduação em Geografia
Rua Carlos Gomes, 250, CEP: 13083-855, Campinas, SP
E-mail: selma.castro@uol.com.br

Resumo

O objetivo principal desse artigo foi fazer uma análise bibliométrica sobre modelos de erosão do solo, o qual foi norteado por perguntas que contemplam questões métricas. A metodologia foi dividida em duas etapas, a primeira sendo um levantamento bibliográfico de artigos científicos e a outra referente a análise bibliométrica dos mesmos. Para tal, foi utilizada a plataforma de dados científicos *Web of Science*, aplicando um conjunto de palavras-chave, e para a geração dos dados finais, o *software VOSviewer*. Como resultados, foi obtido inicialmente um total de 400 artigos científicos publicados no período de 1900 a 2021. A partir dos dados compilados, observou-se que a área de concentração que mais publica nessa temática refere-se a Ciências Ambientais e Ecologia, sendo majoritariamente publicados no periódico Catena. Como conclusão ressalta-se a importância desse tipo de estudo, principalmente para embasamentos teóricos, metodológicos e de previsão.

Palavras-chave: *Web of Science; VOSviewer*; Bibliometria; Erosão do solo.

1. Introdução

A bibliometria é definida como a análise estatística de material bibliográfico, com o objetivo de desenvolver ferramentas que elucidem questões gerais de determinado ramo da ciência, operando sobre grandes bases de dados bibliográficos, conhecidas como plataformas bibliográficas (MELLO, 2016), como *Web of Science*, *Scopus*, *Periódicos CAPES/Scielo* e outras. Na Geografia Física, este tipo de análise é definido como uma ferramenta útil para se obter uma melhor compreensão dos padrões de tendências das pesquisas publicadas, e em específico, das metodologias. Nos últimos 20 anos essa ferramenta vem ganhando mais e mais adeptos por permitir identificar as principais tendências e relevância de um determinado tema de pesquisa científica e tecnológica.

No que tange a solos, de acordo com Zhuang et al. (2015), a pesquisa bibliométrica sobre grandes temas cresceu exponencialmente desde os anos 90, sobretudo nos países americanos e europeus, além da China e Austrália. Em especial, no que ser refere a erosão e movimentos de massa, pode-se destacar alguns trabalhos bibliométricos, a título de exemplo, como o de Barreto, Barros e Sparoveck (2008) que procederam a uma bibliometria sobre a história e geografia da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo e o de Wu et al. (2015), que realizaram um estudo bibliométrico voltado para a análise de tendências de pesquisa sobre deslizamentos de terra em um determinado período (1991 – 2014).

A respeito de erosão, Pimentel & Burgess (2013), assinalaram que as pesquisas indicam que a cada ano, cerca de 10 milhões de hectares de terras cultiváveis são perdidos por erosão e que nas áreas agrícolas a situação é ainda pior, de 10 a 40 vezes mais rápida do que a taxa de formação do solo, a pedogênese. Contudo, convém assinalar que a pesquisa sobre o tema erosão do solo abrange vários aspectos e que os pesquisadores defendem vários pontos de vista e métodos de análise, alguns de maior relevância para o entendimento e embasamento teórico e metodológico de pesquisa.

Dentre os temas de estudo de erosão, a modelagem, seja ela diagnóstica espacial, processual, ou preditiva, apresenta abordagens variadas, como por exemplo, mudanças climáticas e erosão (LAL 2019; MA, ZHAO e ZHUE, 2021); transporte de sedimentos e fluxos de água (LIZAGA et al., 2019), produção agrícola e erosão (TAROLLI et al., 2019), impactos da erosão do solo em ciclos naturais biológicos, químicos e geográficos (TAN et al., 2020), datações, por exemplo, utilizando césio-137 (ANDRELLO; APPOLONI e GUIMARÃES, 2003), entre outros.

Especificamente quanto à modelagem dos processos erosivos, Batista et al. (2019), apresentam uma análise sistemática de publicações a respeito do uso dos modelos de erosão do solo e respetivas abordagens. Os autores compilaram um total de 550 artigos, organizados pela plataforma *Web of Science*, utilizando palavras-chave como "*soil erosion model*" (modelo de erosão do solo). A partir disso, elucidaram a importância e as avaliações de modelos de erosão do solo com foco nos conceitos e testagens das metodologias. No entanto, os autores não realizaram uma análise bibliométrica detalhada e sim uma análise cientométrica, conforme descrita e confirmada por Borrelli et al. (2021). A diferença em relação à bibliometria é que em cientometria procede-se à análise dos aspectos quantitativos relacionados à propagação e relação do conhecimento científico e tecnológico e pela avaliação quantitativa e comparativa da contribuição de cientistas, países e grupos que colaboram para acrescentar conhecimento científico alcançado (BELLIS, 2009).

Para a execução das análises bibliométricas é necessário um conjunto de dados extensos que contenham número suficiente de registros, bem como levantamento de determinado período, além de um programa computacional para o tratamento e compilação dos dados extraídos da plataforma de dados bibliográficos. Para se obter uma maior compreensão a respeito das tendências dos modelos de erosão solo, sua distribuição, rede de influências e demais informações que compõem esse processo, foi selecionada a plataforma digital de dados científicos denominada *Web of Science* (*WoS*), reconhecida internacionalmente como a principal.

Existem inúmeras plataformas digitais de base de dados científicos, como exemplo a *Science Direct* e o *Proquest*, que possuem um extenso número de dados disponíveis em seu acervo. Atualmente a principal plataforma utilizada é a WoS, que possui um acervo com mais de 166 milhões de registros de dados dos principais periódicos, atas de congressos e livros do mundo inteiro. Segundo dados da *WoS* (2021), a plataforma possibilita o acesso a publicações desde o ano de 1900, sendo a única plataforma com mais de um bilhão de referências citadas, elencando mais de 12.000 periódicos tidos como de alto impacto.

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo bibliométrico sobre erosão, de modo a reconhecer as abordagens relativas à modelagem do processo, bem como os tipos de métodos mais utilizados para esse fim. Nesse sentido, duas premissas foram consideradas importantes, a bibliometria, como procedimento para identificar tendências nas pesquisas por meio de publicações, em especial de artigos científicos publicados em periódicos reconhecidos; e a erosão, presente foco da pesquisa bibliométrica e que é definida, de forma geral, como processo geomórfico natural, que pode ser induzido pelo uso e manejo do solo, acarretando taxas de remoção, transporte e deposição de partículas de solo, o qual se degrada, principalmente, nas áreas agrícolas, comprometendo a economia, o ambiente e a sociedade.

2. Metodologia

A metodologia foi fracionada em duas partes: a primeira referente ao levantamento bibliográfico acerca de trabalhos científicos que utilizaram a análise bibliométrica, no intuito de subsidiar um melhor entendimento sobre o método; a segunda parte é tida como a bibliometria propriamente dita, em que se utilizou determinados processos para se obter as análises, mapas e gráficos relativos à modelagem de erosão. Para a segunda parte utilizou-se a plataforma de dados científicos *Web of Science* no endereço www.webofknowledge.com, acessada em 02 de maio de 2021 mediante ao acesso remoto via Comunidade Acadêmica Federada (CAFe) e para o tratamento estatístico do conjunto de dados obtidos, o *software VOSviewer* (*VOSVIEWER*, 2019).

Para a execução das análises bibliométricas é necessário um conjunto de dados extensos que contenham número suficiente de registros, bem como levantamento de determinado período, além de um programa para o tratamento e compilação dos dados extraídos da plataforma de dados científicos. E o levantamento bibliográfico deve ser norteado por questões específicas sobre o que se deseja caracterizar.

Assim, a presente pesquisa foi norteada pelas seguintes questões: Como é a distribuição geográfica das publicações sobre erosão no mundo? Onde se concentram os estudos específicos sobre metodologias de estudo de erosão do solo e quais instituições publicam mais a respeito desse tema? Quais as metodologias existentes para a modelagem da erosão do solo? dentre outras consequentes destas. E para se obter uma maior compreensão a respeito dos modelos de erosão do solo, sua distribuição, rede de influências e demais informações sobre esse processo, foi selecionada a plataforma digital de dados científicos *Web of Science* (*WoS*).

A metodologia consistiu nos procedimentos, a saber: determinação e teste de palavras-chave e inserção de operadores de busca; refinamento do tipo de dados; análise prévia dos dados obtidos e por fim, a exportação dos dados para o *software VOSviewer* de tratamento dos dados e geração dos mapas e gráficos bibliométricos. A determinação das palavras-chave ocorreu através de três testes de resultados na plataforma do WoS. Buscou-se respostas que apresentassem uma quantidade média de artigos encontrados.

Seguindo essa premissa, o primeiro conjunto de palavras foi composto das palavras (obrigatoriamente em inglês) "*methodology AND modelling AND mapping AND soil erosion AND vulnerability OR susceptibility OR loss OR risk*" retornou com um resultado de 197 dados, posteriormente refinado para somente artigos, apresentando assim um total de 151. Os conectores *AND* e *OR* foram utilizados para um refinamento melhor dos resultados, devido a extensa terminologia representada pelo tema focado Tendo em vista os trabalhos reunidos por meio da bibliometria que compuseram a primeira parte da metodologia foi determinado que o ideal de resultados para a pesquisa, seria a média de 200 a 400 artigos científicos.

O segundo conjunto de palavras, "*methodology AND modelling AND soil erosion AND vulnerability OR susceptibility OR loss OR risk*", respondeu com um total de 476. Para esse segundo conjunto também foi refinado o comando para apenas artigos, assim o refinamento gerou um total de 400 títulos. Para o terceiro e último teste, a plataforma respondeu com 208 artigos, representando o conjunto de palavras-chave "*methodology AND mapping AND soil erosion AND vulnerability OR susceptibility OR loss OR risk*". Diante dessas respostas, utilizou-se para a geração dos dados bibliométricos, o segundo teste realizado, com um total de 400 artigos científicos selecionados no referido período.

Para a geração e visualização das redes bibliométricas, bem como os mapas e gráficos, foi utilizado o *software VOSviewer*. Este programa é gratuito e permite a construção de mapas de distribuição, baseado em distância, onde são utilizados dados de títulos, resumos, autoria, coautoria, citações, acoplamento bibliográfico entre países, os quais são agrupados e mapeados, levando em consideração sua relação dentro de uma matriz de similaridade (VAN et al., 2010; *VOSVIEWER*, 2019).

3. Resultados

Os resultados da análise bibliométrica estão subdivididos e apresentados em duas partes.

A primeira apresenta um panorama geral acerca de quantidades de artigos publicados sobre o tema anualmente, o início das publicações desse eixo, bem como os principais periódicos que publicam essa temática também estão nesta parte. Foi aqui denominada de bibliometria geral. A segunda parte apresenta os dados compilados, tratados e gerados pelo *software VOSviewer* com foco nos autores que publicaram sobre o tema, nas organizações, além dos números de citações individual das mesmas, intitulada Autores e trabalhos mais citados.

Os resultados referentes à distribuição espacial, ou seja, dos países que publicaram estudos sobre modelagens de erosões do solo, são apresentados na forma de tabelas, gráficos e mapas gerados pelo *VOSviewer*. Por fim, são mostradas as palavras-chaves de maior ocorrência nos artigos publicados e suas relações com as abordagens; e um apanhado geral das principais modelagens utilizadas.

3.1 Bibliometria geral

No período de 1900 – 2021 foram encontrados 400 artigos sobre erosão, porém, só em 1993 foram iniciadas as publicações com o tema de modelagens de erosão do solo com os autores Oldeman e Vanengellen (1993), tratando de banco de dados digitais de solos e terrenos mundiais, e o trabalho de Kertesz (1993), que estudou a aplicação de métodos GIS na modelagem de erosão do solo.

Conforme se observa na figura 1, o número de trabalhos desde 1993 a 2021 mostram oscilações, no entanto, o número de publicações tendeu a crescer ano após ano, com exceção dos anos de 1993 a 1997 e de 2001, em que foram publicados menos de 2 artigos por ano. Em 2020, o crescimento de trabalhos dessa temática foi exponencial, observado pelo grande número de publicações em relação aos anos anteriores, que chegou a 41.



Periódicos	Nº de artigos
Catena	22
1. Science of the total Environment	17
2. Land degradation Development	15
3. Journal of Soil and Water Conservation	9
4. Environmental Earth Sciences	8
5. Environmental Monitoring and Assessment	7
6. Geoderma	7
7. Remote Sensing	7
8. Water	7
9. Earth Surface Processes and Landforms	6
10. Geomorphology	6
11. Natural Hazards	6
12. Sustainability	6
13. Environmental Management	5
14. Hydrology and Earth System Sciences	5
15. Journal of soils and sediments	5
16. Soil Tillage Research	5
17. Water Resources Management	5
Outros (174)	< 5

FIGURA 1: Publicações sobre modelos de erosão por ano e periódicos que mais publicam sobre modelagens de erosão do solo entre 1993 e 2021.
Fonte: *WoS*, organizado pelos autores, 2021.

É possível também deduzir que no ano de 2021 o número é maior que em 2020. Possivelmente, esse crescimento está relacionado com as questões ambientais debatidas da atualidade, bem como estudos voltados para a conservação do solo, que vem emergindo de maneira rápida, abordando principalmente o uso e manejo das terras.

É importante citar que foram contabilizados 191 periódicos, dos quais, apenas 18 apresentaram mais de 5 artigos (tabela contida na figura 1). Os três periódicos que contêm mais de 15 artigos no período foram a revista Catena, com 22 artigos (5,5% dos 191, seguida da Science of the total Environment com 17 (4,3%), a Land degradation Development com 15 (3,9%) que, juntos, somam 54 dos 400 artigos publicados no período, representando 13,7% do total. A figura 1 também mostra os demais periódicos utilizados na publicação dos artigos, dos quais 17 (9% dos 191 periódicos) contêm mais do que 5 artigos no período. O restante, ou seja, 174 periódicos (91% do total), publicaram menos de 5 artigos cada um no período, o que indica grande dispersão dos periódicos utilizados, mas, ao mesmo tempo concentração em poucos periódicos. Dos 400 artigos publicados no período, os que contém mais de 5 artigos no período somam 123 artigos, o que representa cerca de 31% do total. Ou seja, quase 70% estão distribuídos em 174 periódicos, corroborando a interpretação anterior.

Dentre as várias áreas do conhecimento que publicaram sobre o tema proposto, as que mais se destacaram em número de artigos foram as situadas em Ciências Ambientais Ecológicas (181), Agricultura (127), Recursos Hídricos (112), Geologia (105), Engenharias (40), Geografia Física (31) e Sensoriamento Remoto (19), dentre outras. Todas elas associam-se pela aplicabilidade de métodos e metodologias que se inserem em praticamente todos os campos científicos do conhecimento.

Outro ponto relevante para a discussão é o idioma em que foi publicado o artigo. Majoritariamente, a plataforma da WoS indexa artigos de língua inglesa (383), porém, na busca feita observou-se que os idiomas originais dos trabalhos também apareceram em Espanhol, Português e Russo (12).

3.2 Autores e trabalhos mais citados

Da classificação dos artigos com maior número de citações em outros trabalhos, destacaram-se 15 autores (BOREELLI et al., 2017; PANAGOS et al., 2015; WAHA et al., 2013; LEH et al., 2013; PRASANNAKUMAR et al., 2012; KOULI et al., 2009; BESKOW et al., 2009; SYMEONAKIS et al., 2007; STOORVOGEL et al., 2004; SYMEONAKIS & DRAKE, 2004; FERNANDEZ et al., 2003; DOGLIOTTI et al., 2003; LE BISSONNAIS et al., 2002; FISTIKOGLU et al., 2002; BRAZIER et al., 2000), perfazendo uma média de mais de 100 citações, no período analisado.

Em termos espaciais, os dados manipulados no *software* VOSviewer, permitiram gerar o mapa de distribuição por país de origem da citação de autores, o qual englobou também as médias e as coautorias. Constatou-se que vários autores possuem participação em média de 4 a 5 trabalhos, com isso o impacto no resultado da média é somado para cada autor individualmente em cada artigo com referida participação. Observa-se a distribuição pelo mapa bibliométrico de citação de autores na figura 2.



Periódicos	Nº de artigos
Catena	21
1. Science of the total Environment	17
2. Land degradation Development	13
3. Journal of Soil and Water Conservation	9
4. Environmental Earth Sciences	8
5. Environmental Monitoring and Assessment	7
6. Geoderma	7
7. Remote Sensing	7
8. Water	7
9. Earth Surface Processes and Landforms	6
10. Geomorphology	6
11. Natural Hazards	6
12. Sustainability	6
13. Environmental Management	5
14. Hydrology and Earth System Sciences	5
15. Journal of soils and sediments	5
16. Soil Tillage Research	5
17. Water Resources Management	5
Outros (174)	< 5

FIGURA 2: Mapa de citação de autores entre 1993 e 2021
Fonte: *WoS*, organizado pelos autores, 2021.

A partir da investigação dos autores, bem como os artigos mais citados, pode-se observar que dos 15 trabalhos mais citados, 14 estão publicados em periódicos distintos, apenas dois foram publicados na Revista Catena. Devido a ocorrência superior, a comparação dentre os outros periódicos, a Catena apresenta impacto dominante de publicações nessa análise, consequentemente, os outros 14 periódicos possuem um impacto menor.

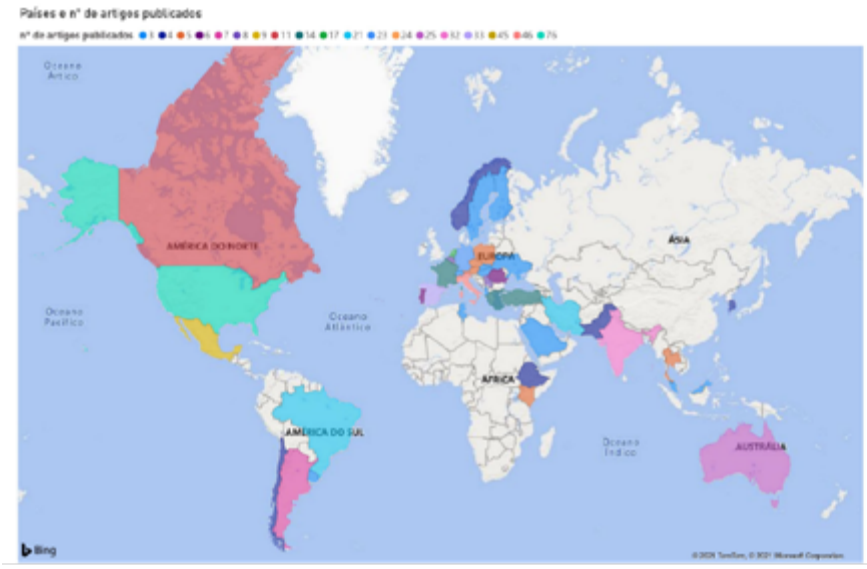
Analisando as afiliações dos autores dos 15 trabalhos mais citados, pode-se constatar que a maioria deles é do continente europeu, em especial da Alemanha, Espanha, Bélgica, Itália, Reino Unido e Holanda, explicando assim as inúmeras citações, que são resultado das investigações na e pela União Europeia.

Destaca-se que os autores Borrelli et al. (2017) e Panagos et al. (2015), foram amplamente citados em trabalhos acadêmicos do banco de dados da *WoS*, também são artigos que englobam as áreas da Ciências Ambientais e Ecologia, Geociências e Meio ambiente.

3.3 Distribuição geográfica de publicações por País

Através do tratamento dos dados e da geração dos mapas de redes bibliométricas observa-se que os resultados mostraram uma relação de 43 países que contribuíram através de publicações para o banco de dados da WoS, abordando assuntos voltados para as modelagens de erosão do solo (figura 3).

Em conformidade da quantidade de documentos, bem como a quantidade de citações, destaca-se 15 países, com um total médio maior do que 10 publicações.



Países	Nº artigos
USA	76
Italy	46
China	45
Spain	33
India	32
Australia	25
England	24
Germany	23
Brazil	21
Iran	21
Netherlands	17
France	14
Greece	14
Turkey	14
Canada	11

FIGURA 3: Distribuição geográfica de número de publicações dos países (*PowerBI*) e publicações por país (1900-2021)
Fonte: *WoS*, organizado pelos autores, 2021.

O acoplamento bibliográfico dos países pelo *software* VOSviewer gerou dois mapas, um de distribuição de publicações e outro com a ocorrência de citações dos países (figura 4).

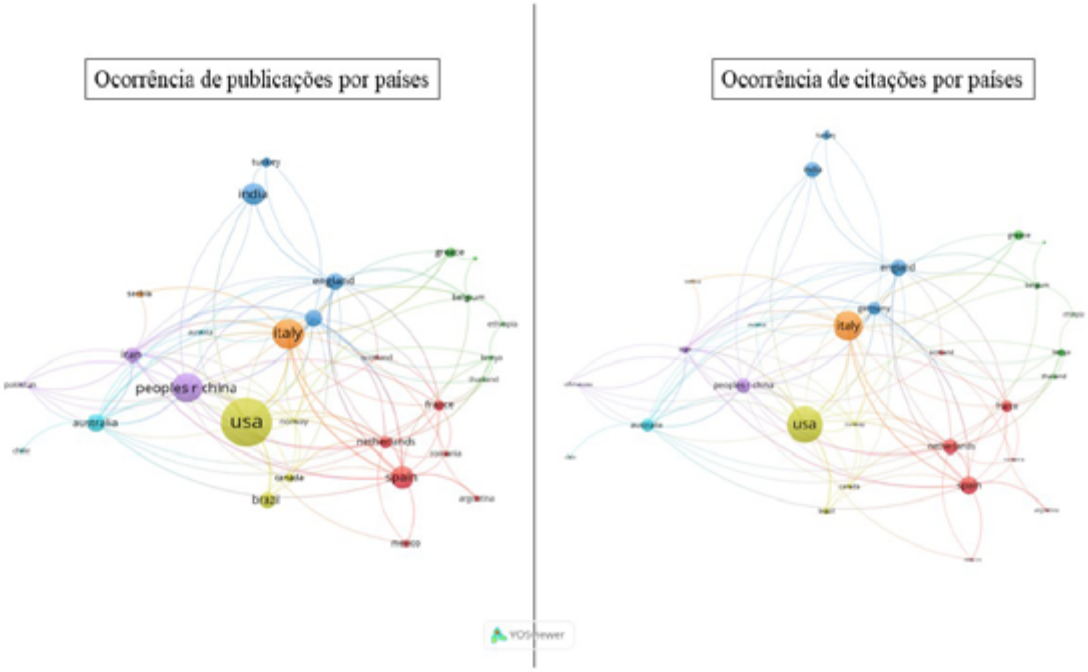


FIGURA 4: Ocorrência de publicações e citações por países de 1900 a 2021
Fonte: *WoS*, organizado pelos autores, 2021.

Ressalte-se que sete *clusters* (agrupamentos) foram identificados e apenas um encontra-se com dois membros (Grécia e Bélgica), enquanto a grande maioria dos outros *clusters* com países europeus estão agrupados e relacionados com mais de cinco membros. Neste caso, relaciona-se essa constatação ao fato de que os autores europeus normalmente citam referencias semelhantes em determinada medida e, consequentemente, são diferentes daquelas citadas por autores de outros países.

Nos agrupamentos de *clusters* é notório que cada um apresenta proximidade geográfica com outros. Como exemplo, a Itália, em que o grupo com conexões mais fortes se refere aos países europeus como a Inglaterra, Espanha, França, Romênia e Grécia. Destaca-se também, uma conexão forte entre os Estados Unidos, China e Espanha, tidas como principais pioneiras nos estudos que se referem a modelagens de erosão do solo. A partir dessa análise também é salientado que os países de referências no campo da modelagem de erosão do solo são majoritariamente focados em estudos regionais.

Aprofundando a análise de citações entre países, percebe-se que os autores, ao fazerem suas referências, citam uns aos outros, o que fica evidente nas análises dos artigos e no mapa de citação dos países, que possui poucas diferenças com as redes de publicação de cada país. Isso pode ser interpretado como grupos/redes de pesquisadores que se especializaram no tema. A troca de citações é comum nos países europeus e também o uso de referências semelhantes. Este mesmo ponto é observado nas quantidades de citações da relação entre Estados Unidos e China, mostrando que os artigos focados em suas respectivas áreas, recebem em média uma maior troca de citações e referências bibliográficas.

3.4 Ocorrência de Palavras-chave

As ocorrências de termos organizados pelo VOSviewer, permitiram selecionar pelo campo de todas as palavras-chave, ou seja, devido essa opção conter os conjuntos de palavras cadastradas pelos autores e palavras recorrentes utilizadas no texto do artigo. O mapa de co-ocorrência desses termos expressa diferentes frentes de pesquisa e análise, o que se confirma pela forte presença de palavras como *prediction, basin, erodibility, indicators, runoff, impact, modelling, flow* etc. Outros termos que corroboram essa afirmação são exemplificados pelos termos *GIS, model, loss equation, RUSLE, climate-change, simulation, sediment, land use*. Estes últimos citados, mostram que a frente de pesquisa relacionada as novas tecnologias, como exemplo o sensoriamento remoto e geoprocessamento, vem influenciando a modelagem de erosão do solo e suas aplicações, bem como ramificações (figura 5).

Essa grande quantidade de termos variados também indicam interesses em aplicações de modelos em escalas locais e regionais, fato corroborado pelos termos *basin, river basin e landslide susceptibility*. Nesse mesmo contexto, também pode-se observar que essa frente abrange interesse para aplicações em larga escala, como é exemplificado por nomes de países como Índia, United States, Turkey e Austrália. Para um melhor entendimento dessas redes, elas estão fracionadas em um total de 10 *clusters* (figura 5). Cada um, como na divisão dos países e suas citações, possui uma lógica organizacional, ou seja, cada um deles, referente as palavras-chave, se reúne com áreas de afinidades, neste caso, atributos.

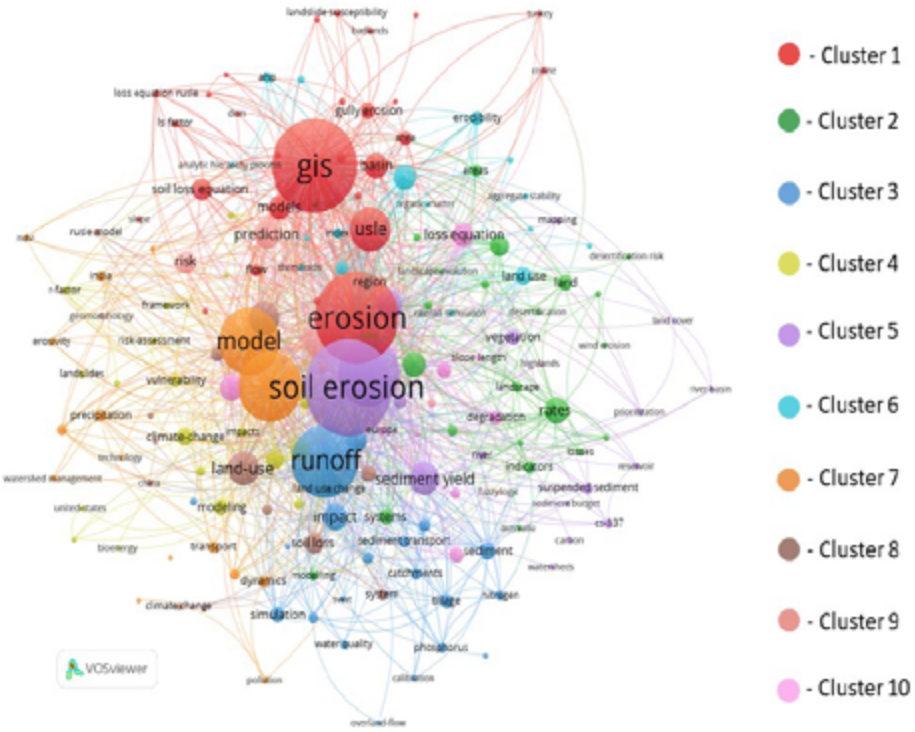


FIGURA 5: Ocorrência de palavras-chave.
Fonte: *WoS*, organizado pelos autores, 2021.

Na Figura 5, o *cluster* 1 evidencia termos relacionados a análises de bacias e modelos digitais de elevação, a exemplo dos termos *DEM, USLE, basin, flow, slope* etc. Já o *cluster* 2 refere-se ao campo de evolução da paisagem, pelos termos *landscape, landscape evolution, land*, áreas, *sustainability* etc. O *cluster*

3 insere termos ligados a atributos hídricos, bem como modelagens hídricas (*runoff, SWAT, WEPP, water quality, infiltration* etc.). Os *clusters* 5,6 e 7 possuem cada um uma especificidade, porém englobam muitos termos com relação aos já citados. Os *clusters* 8, 9 e 10 evidenciam tendências que envolvem a conservação e o uso das terras, exemplificadas pelos termos *agriculture, conservation, soil conservation, produtivity, land use change, spatial variability*.

Ao menos um modelo de erosão do solo é citado em cada *cluster*, o que permite constatar que há uma tendência forte da indicação de pesquisadores na capacidade de modelos de erosão estimar e mapear áreas de perda de solo e sedimentos, além de evidenciar pontos críticos de focos erosivos. Os autores Baskan et al. (2010); Ozcan et al. (2008) e Erdogan et al. (2007) utilizaram a metodologia que mais ocorre entre os *clusters*, o modelo USLE – Universal Soil Loss Equation (EUPS em português – Equação Universal de Perda de Solo).

Essas metodologias vêm conquistando cada vez mais espaço na ciência e nas aplicações ambientais, no entanto é alertado por Batista et al. (2019), que estes modelos precisam cada vez mais de calibrações, bem como testes e simulações para sua acurácia. Nesse sentido, esses autores realizaram um levantamento das metodologias existentes para a modelagem de erosão do solo, listando 15 metodologias como as preferidas pelos pesquisadores, as quais se referem essencialmente aos modelos USLE (*Universal Soil Loss Equation*) e RUSLE (*Revised Equation of Soil Loss Equation*), estes e a relação dos outros modelos encontrados pelo autor segue no Quadro 1.

QUADRO 1

Siglas, referências e nomes de modelos de erosão do solo citados pelos autores.

Siglas	Nome do modelo	Referência
AGNPS	A Non-Source Pollution Model	Young et al (1989)
ANSWERS	A real Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation	Beasley and Huggins (1982)
EUROSEM	European Soil Erosion Model	Morgan et al. (1998)
LISEM	LImburg Soil Erosion Model	De Roo et al. (1996a, 1996b)
MMF	Morgan-Morgan-Finey Model	Morgan (2001), Morgan et al. (1984)
PSERA	Pan European Soil Erosion Risk Assessment	Kirkby et al. (2008)
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation	Renard et al. (1997)
SedNet	Sediment and River Network Model	Wilkinson et al. (2004)
SWAT	Soil and Water specializ Tool	Arnold et al. (1998)
USLE	Universal Soil Loss Equation	Wischemeir and Smith (1978)
USLE-M	Modified Universal Soil Loss Equation	Kinnel and Risse (1998)
USLE-MM	Modified- Modified Universal Soil Loss Equation	Bagarello et al. (2008)
USPED	Unit Stream Power-based Erosion Deposition	Mitasova et al. (1996)
WaTEM/ SEDEM	Water and Tillage Erosion Model and Sediment Delivery Model	Van Oost et al. (2000), Van Rompaey et al. (2001), Verstraeten et al. (2010)
WEPP	Water Erosion Prediction Project	Flanagan and Nearing (1995)

Fonte: Batista et al. (2019), organizado pelo primeiro autor.

Diante das observações desses autores e também da leitura dos trabalhos obtidos neste trabalho, predomina o uso da USLE e da RUSLE, que seguem com o mesmo embasamento teórico e citam muitas vezes literatura semelhante. Acrescente-se que ao aplicar a USLE e RUSLE, trata-se substancialmente da erosão laminar. No Brasil, até a primeira década do presente século, também se constata predominância do uso da USLE e RUSLE, como modelos de erosão (BARRETO, BARROS, SPAROVECK, 2008).

Todavia, sobre as tendências de modelos mais recentes utilizados pelos pesquisadores, uma é de base empírica e outra de base física. Nesse sentido, Batista et al (2019) chamam a atenção para o modelo WaTEM/SEDEM (*Water and Tillage Erosion Model and Sediment Delivery Model*) (VERTSMETEN et al, 2010), que espacializa a produção de sedimentos envolvendo dois componentes, a perda de solo, utilizando também a equação RUSLE (RENARD et al, 1997), como descrito por Van Rompaey et al. (2001), e a capacidade de transporte. E para um segundo modelo, citado pelos mesmos autores, caracterizado como de base na física, como a WEPP (*Water Erosion Predict Projet*) (FLANAGEN AND NEARING, 1995) e a LISEM (*Limburg Soil Erosion*) (DE ROO et al, 1996).

4. Conclusões

Neste artigo foram avaliados 400 artigos disponíveis na plataforma *Web of Science* (*WoS*), constantes em 191 periódicos no período analisado (1900 a 2021), os quais submetidos a uma análise bibliométrica no *software VOSviewer*, permitiram constatar que 17 periódicos concentraram cerca de 1/3 (31%) das publicações e o restante está disperso em 174 periódicos, indicando certa dispersão das publicações e ao mesmo tempo preferência por alguns periódicos, como Catena.

A pesquisa bibliométrica revelou a presença de grupos de pesquisadores que trabalham em rede ou similar, com destaque para os USA, Itália e Espanha, os quais vem se associando à China, Índia, Inglaterra e Austrália, entre outros países com menor frequência. Indicou também que ferramentas como GIS se destacaram nos estudos, sobretudo os mais recentes. Enfatizando as redes, os artigos que avaliam e produzem trabalhos em escala nacional são, em média, menos citados do que as publicações destinadas a estudos locais e ou de bacias hidrográficas, geralmente pequenas, portanto, as escalas regionais e locais vem sendo preferidas pelos autores.

Quanto aos modelos de erosão propriamente ditos, 15 modelos vêm sendo mais usados pelos autores nas pesquisas, mas concentrando-se no uso da RUSLE. Convém assinalar que alguns programas também se baseiam na USLE e RUSLE, como o WaTEM/SEDEM, o WEEP e o LiSEN, porém tratam substancialmente da erosão laminar. O mesmo acontece no Brasil. Portanto, erosão linear como ravinas e voçorocas praticamente não é contemplada, o que se explicaria por se tratar de autores que trabalham preferencialmente em regiões temperadas, onde a erosão linear tem menor expressão do que nas regiões tropicais.

Em conclusão, este artigo revela que a modelagem de erosão do solo é um tópico científico importante, que atrai pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento e que vem sendo tratado com mais ênfase, sobretudo da década de 1990 em diante, preferencialmente no tema erosão laminar e com base na USLE/RUSLE.

Referências

ANDRELLO, A. C., APPOLONI, C. R., GUIMARÃES, M. F. (2003). Uso do césio-137 para avaliar taxas de erosão em cultura de soja, café e pastagem. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, 27, 223-229. 2003.

ARNOLD, J.G., SRINIVASAN, R., MUTTIAH, R.S., WILLIAMS, J. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. J. Am. **Water Resourse Association** 34, 73–89.1998.

BAGARELLO, V., PIAZZA, G.A., FERRO, V., GIORDANO, G. Predicting unit plot soil loss in Sicily, South Italy. **Hydrololical Process**. 22, 586–595. 2008.

BARRETTO, A. G. D. O. P., BARROS, M. G. E., & SPAROVEK, G. Bibliometria, história e geografia da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, 2443-2460. 2008.

BATISTA, P. V., DAVIES, J., SILVA, M. L., & QUINTON, J. N. On the evaluation of soil erosion models: Are we doing enough?. **Earth-Science Reviews**, 197, 102898. 2019.

BASKAN, O., CEBEL, H., AKGUL, S., ERPUL, G. Conditional simulation of USLE/RUSLE soil erodibility factor by geostatistics in a Mediterranean Catchment, Turkey. **Environmental Earth Sciences**, 60(6), 1179-1187. 2010.

BEASLEY, D.B., HUGGINS, L.F. **ANSWERS** – users manual. In: EPA-905/9–82-001. USEPA, Region 5, Chicago, IL 1982.

BELLIS, N. Bibliometrics and citation analysis. From the Science Citation Index to the cybermetrics.Lanham, Estados Unidos, Toronto, Canadá, Pymouth, Reino Unido: **The Scarecrow Press Inc**, 2009.

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURI, N.; VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**, 79(1), 49-59. 2009.

BORRELLI, P., ALEWELL, C., ALVAREZ, P., ANACHE, J. A. A., BAARTMAN, J., BALLABIO, C., ... PANAGOS, P. Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. **Science of the total environment**, 146494. 2021.

BORRELLI, P., ROBINSON, D. A., FLEISCHER, L. R., LUGATO, E., BALLABIO, C., ALEWELL, C., PANAGOS, P. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature communications**, 8(1), 1-13. 2017.

BRAZIER, R. E., BEVEN, K. J., FREER, J., ROWAN, J. S. Equifinality and uncertainty in physically based soil erosion models: application of the GLUE methodology to WEPP–the Water Erosion Prediction Project–for sites in the UK and USA. **Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group**, 25(8), 825-845. 2000.

DE ROO, A.P.J., OFFERMANS, R.J.E., CREMERS, N.H.D.T.. LISEM: a single-event, physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins. II: sensitivity analysis, validation and application. **Hydrological Processess**. 10, 1119–1126. 1996a.

DE ROO, A.P.J., WESSELING, C.G., RITSEMA, C.J. Lisem: a single-event physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins. I: theory, input and output. **Hydrolical Process**. 10, 1107–1117. 1996b.

DOGLIOTTI, S., ROSSING, W. A. H., VAN ITTERSUM, M. K. ROTAT, a tool for systematically generating crop rotations. **European Journal of Agronomy**, 19(2), 239-250. 2003.

ERDOGAN, E. H.; ERPUL, G.; BAYRAMIN, İ.. Use of USLE/GIS methodology for predicting soil loss in a semiarid agricultural watershed. **Environmental monitoring and assessment**, v. 131, n. 1, p. 153-161, 2007.

FERNANDEZ, C., WU, J. Q., MCCOOL, D. K., STÖCKLE, C. O. Estimating water erosion and sediment yield with GIS, RUSLE, and SEDD. **Journal of soil and Water Conservation**, 58(3), 128-136. 2003.

FISTIKOGLU, O., & HARMANCIOGLU, N. B. Integration of GIS with USLE in assessment of soil erosion. **Water Resources Management**, 16(6), 447-467. 2002.

FLANAGAN, D.C., NEARING, M.A. USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope profile and watershed model documentation. In: NSERL Report No. 10. **USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory,** West Lafayette, Indiana. 1995.

KERTESZ, A. Application of GIS methods in soil erosion modelling. Computers, **Environment and Urban Systems**, 17(3), 233-238. 1993.

KINNEL, P.I.A., RISSE, L.M. USLE-M: empirical modelling rainfall erosion through runoff and sediment concentration. **Soil Science Social Ambiental**. J. 62, 1667–1672. 1998.

KIRKBY, M.J., IRVINE, B.J., JONES, R.J.A., GOVERS, G., BOER, M., CERDAN, O., DAROUSSIN, J., GOBIN, A., GRIMM, M., LE BISSONNAIS, Y., KOSMAS, C., MANTEL, S., PUIGDEFABREGAS, J., VAN LYNDEN, G. The PESERA coarse scale erosion model for Europe. I. – model rationale and implementation. Eur. **Journal Soil Science**. 59, 1293–1306. 2008.

KOULI, M., SOUPIOS, P., VALLIANATOS, F. Soil erosion prediction using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece. **Environmental Geology**, 57(3), 483-497. 2009.

LAL, R. Accelerated soil erosion as a source of atmospheric CO2. **Soil and Tillage Research**, 188, 35-40. 2019.

LE BISSONNAIS, Y., MONTIER, C., JAMAGNE, M., DAROUSSIN, J., KING, D. Mapping erosion risk for cultivated soil in France. **Catena,** 46(2-3), 207-220. 2002.

LEH, M.; BAJWA, S.; CHAUBEY, I. Impact of land use change on erosion risk: an integrated remote sensing, geographic information system and modeling methodology. **Land Degradation & Development,** 24(5), 409-421. 2013.

LIZAGA, I., GASPAR, L., BLAKE, W. H., LATORRE, B., NAVAS, A. Fingerprinting changes of source apportionments from mixed land uses in stream sediments before and after an exceptional rainstorm event. **Geomorphology**, 341, 216-229. 2019.

MA, X.; ZHAO C.; ZHU J. Aggravated risk of soil erosion with global warming – A global meta-analysis. **Catena** V.200, May 2021.

MELLO, A. V. F. Produção Cientifica em artigos sobre sistemas de informação geográfica**: Uma análise bibliométrica entre 2006 e 2015**. Dissertação de Mestrado, USP. Programa de Pós-graduação em Geografia Física. São Paulo, 165f. 2016.

MITASOVA, H., HOFIERKA, J., ZLOCHA, M., IVERSON, L.R. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. **Internacional Journal**. GIS 10, 629–641.1996.

MORGAN, R.P.C. A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan- Morgan-Finney model**. Catena** 44, 305–322. 2001.

MORGAN, R.P.C., QUINTON, J.N., SMITH, R.E., GOVERS, G., POESEN, J.W.A., AUERSWALD, K., CHISCI, G., TORRI, D., STYCZEN, M.E. The European Soil Ersoion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. Earth Surf. **Processecing Landf**. 23, 527–544. 1998.

MORGAN, R.P.C., MORGAN, D.D.V., FINNEY, H.J. A predictive model for the assessment of soil erosion risk. J. **Agriculture Engenier Results**. 30, 245–253. 1984.

OLDEMAN, L. R., VAN ENGELEN, V. W. P. A world soils and terrain digital database (SOTER)—An improved assessment of land resources. **Geoderma,** 60(1-4), 309-325. 1993.

OZCAN, A. U., ERPUL, G., BASARAN, M., ERDOGAN, H. E. Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass—Cankırı, Turkey**. Environmental Geology**, 53(8), 1731-1741.2008.

PANAGOS, P., BORRELLI, P., POESEN, J., BALLABIO, C., LUGATO, E., MEUSBURGER, K., ALEWELL, C. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. **Environmental science & policy**, 54, 438-447. 2015.

PIMENTEL, D., & BURGESS, M. Soil erosion threatens food production. **Agriculture,** 3(3), 443-463. 2013.

PRASANNAKUMAR, V., VIJITH, H., ABINOD, S., GEETHA, N. J. G. F. Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and geo-information technology. **Geoscience frontiers,** 3(2), 209-215. 2012.

RENARD, K., FOSTER, G.R., WEESIES, G.A., MCCOOL, D.K., YODER, D.C. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). In: Agricultural Handbook 703. **US Department of Agriculture**.1997.

STOORVOGEL, J. J., ANTLE, J. M., CRISSMAN, C. C., BOWEN, W. The tradeoff analysis model: integrated bio-physical and economic modeling of agricultural production systems. **Agricultural systems**, 80(1), 43-66. 2004.

SYMEONAKIS, E., CALVO-CASES, A., & ARNAU-ROSALEN, E. Land use change and land degradation in southeastern Mediterranean Spain. **Environmental management**, 40(1), 80-94. 2007.

SYMEONAKIS, E., DRAKE, N. Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa. **International Journal of remote sensing**, 25(3), 573-592. 2004.

TAN, Z., LEUNG, L. R., LI, H. Y., TESFA, T., ZHU, Q., HUANG, M. A substantial role of soil erosion in the land carbon sink and its future changes. **Global change biology**, 26(4), 2642-2655. 2020.

TAROLLI, P., CAVALLI, M., & MASIN, R. High-resolution morphologic characterization of conservation agriculture. **Catena**, 172, 846-856. 2019.

VAN OOST, K., GOVERS, G., DESMET, P.J.J. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. **Landscape Ecological.** 15, 577–589. 2000.

VAN ROMPAEY, A. J., VERSTRAETEN, G., VAN OOST, K., GOVERS, G., & POESEN, J. Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. **Earth Surface Processes and Landforms,** 26(11), 1221-1236. 2001.

VAN, N. J., WALTMAN, L., DEKKER, R., VAN DEN BERG, J. A comparison of two techniques for bibliometric mapping: Multidimensional scaling and VOS. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, 61(12), 2405-2416. 2010.

VERSTRAETEN, G., VAN OOST, K., VAN ROMPAEY, A.J.J., POESEN, J., GOVERS, G. Evaluating an integrated approach to catchment management to reduce soil loss and sediment pollution through modelling. **Soil Use Management.** 18, 386–394.2010.

VOSviewer, 2019. **VOSviewer**. https://www.vosviewer.com/. Acesso em: 15 de maio de 2021. 2019.

WAHA, K.; MUELLER, C.; BONDEAU, A.; DIETRICH, J. P.; KURUKULASURIYA, P.; HEINKE, J.; LOTZE-CAMPEN, H. Adaptation to climate change through the choice of cropping system and sowing date in sub-Saharan Africa. **Global Environmental Change**, 23(1), 130-143. 2013.

WEB OF SCIENCE. 2021 Disponivel em < https://www.periodicos.capes.gov.br/images/documents/Web%20of%20science_Guia%20de%20uso%20r%C3%A1pido_8.7.2014.pdf> acesso em 22 de maio de 2021.

WILKINSON, S.N., HENDERSON, A., CHEN, Y., SHERMAN, B. SedNet User Guide, Version 2. Client Report. **CSIRO Land and Water,** Canberra Available from.2004.

WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.Predicting rainfall-erosion losses – a guide to conservation planning. In: Agriculture Handbook No. 537. U.S. **Dept. of Agric, Washington** DC 58 pp. 1978.

WU, X., CHEN, X., ZHAN, F. B., HONG, S. Global research trends in landslides during 1991–2014: a bibliometric analysis. **Landslides**, 12(6), 1215-1226. 2015.

YOUNG, R.R., ONSTAD, C.A., BOSCH, D.D., ANDERSON, W.W. AGNPS, agricultural nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watersheds**. J. Soil Water Conserv**. 44, 168–173. 1989.

ZHUANG, Y., DU, C., ZHANG, L., DU, Y., LI, S. Research trends and hotspots in soil erosion from 1932 to 2013: a literature review. **Scientometrics,** 105(2), 743-758. 2015.

ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE PERFIS SWATH EM FEIÇÕES EROSIVAS DO NOROESTE DO PR

Adriano Ávila Goulart
Universidade Federal do Paraná
Av. Prof. Francisco H. dos Santos, s / n – Centro Politécnico
Edifício João José Bigarella CEP 81.531-990
E-mail: adriano.avila.goulart@gmail.com
Marianne Oliveira
Universidade Federal do Paraná
Av. Prof. Francisco H. dos Santos, s / n – Centro Politécnico
Edifício João José Bigarella CEP 81.531-990
E-mail: marianne.oliveira@outlook.com
Leonardo José Cordeiro Santos
Universidade Federal do Paraná
Av. Prof. Francisco H. dos Santos, s / n – Centro Politécnico
Edifício João José Bigarella CEP 81.531-990
E-mail: santos.ufpr@gmail.com

Resumo

A paisagem do noroeste do Paraná apresenta feições erosivas com presença de vegetação densa, assim são pouco representadas em detalhe nos mapeamentos das vertentes. O objetivo do trabalho foi testar e comparar os modelos digitais de elevação por interferometria radar por perfil Swath e perfil longitudinal do rio em ambos os modelos. Os resultados obtidos por *Swath* demonstraram que o SRTM e TANDEM diferem pouco nos pormenores, contudo, são extremamente úteis para mapeamento de formas do relevo. E o ALOSPALSAR foi o melhor pela densidade da rede de drenagem. Quanto aos perfis longitudinais ambos os modelos identificaram uma drenagem conectada a um trecho da feição erosiva. Apenas o MDT diferenciou-se, não identificando a união da drenagem a feição. Com o uso destes dados como janelas *swath* nota-se o comportamento do relevo atual e o uso dos perfis longitudinais validam uma reativação da feição por este ponto que pode estar condicionada por capturas fluviais.

Palavras-chave: Modelo Digital de Elevação; Swath; RADAR.

1. Introdução

A região Noroeste do Estado do Paraná se caracteriza por apresentar um relevo com poucas variações altimétricas ao longo de toda a sua extensão. Uma paisagem que frequentemente aparece na literatura científica descrita por relevos amenos, monótonos, uniformes e sem grandes amplitudes de relevo (Santos et al., 2006).

Essa configuração atual da paisagem é resultado da morfodinâmica da região, estritamente relacionada à estrutura local, os Arenitos provenientes do Grupo Caiuá. O Grupo Caiuá, inserido na grande Bacia Bauru, é uma unidade geológica formada no intervalo entre 133 Ma, data das últimas manifestações do magmatismo que originou a Formação Serra Geral, e 85 Ma, estimativa do início do processo de litificação do arenito (FERNANDES, 2004). Os sedimentos que compõem o atual arenito, já corresponderam a um grande paleodeserto, um *sand sea* localizado na porção central da bacia, com seu depocentro nas proximidades da calha do rio Paraná (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985; FERNANDES e COIMBRA, 1994). A região herdou essas características geomorfológicas/pedológicas únicas, resultantes dessas últimas grandes transformações da paisagem, durante a instalação do paleodeserto Caiuá.

As características refletidas no Grupo Caiuá desses processos, principalmente na Form. Rio Paraná, verificam-se na presença de grandes feições erosivas ativas originadas pelo processo de ocupação somado às características morfológicas dos solos provenientes do paleodeserto Caiuá. Porém alguns autores como Bigarella e Mazuchowski (1985) e mais recentemente Goulart e Santos (2014) conjecturam sobre a possibilidade desses grandes processos erosivos na região terem características cíclicas, estimuladas principalmente por paleoclimas, que seriam os responsáveis por períodos de intensa dissecação do relevo e que consequentemente formariam grandes feições erosivas em períodos pretéritos, mas que atualmente se encontram em relativo equilíbrio, como algumas feições encontradas nas proximidades de Loanda/PR.

As feições erosivas presentes pontualmente na paisagem não são representadas em detalhe nos dados levantados do mapeamento sistemático do paraná, a escala do mapeamento é de 1:50.000 e a densidade de pontos levantados variam de acordo com o relevo, que no noroeste do estado é suave e ameno resultando numa baixa densidade de pontos levantados.

Uma alternativa para o uso do MDT é a utilização de dados RADAR que adquirem informações independentes das formas de relevo suave e amenos e independente de luminosidade solar, adquirindo informações qualquer horário do dia.

Correlacionando a análise dos modelos adquiridos por RADAR e MDT, com a morfodinâmica da região, o uso de perfis *swath* pode indicar variações altimétricas não apenas no relevo real de um perfil de uma linha, mas nos valores máximos e mínimos de altitude de uma janela móvel, pela diferença de paleosuperfícies e a superfície atual que resultam no relevo geofísico, um volume perdido provavelmente pela erosão.

Diferente de perfis transversais que analisam uma linha este pode comparar os valores do interior das feições erosivas, e também das suas bordas. O perfil longitudinal dos rios mostra a diferença da extração e consequente configuração da rede de drenagem de acordo com a resolução espacial dos modelos, e demonstram que a resolução interfere na representação da calha do rio de acordo com o tamanho do pixel.

Deste modo, o objetivo desse trabalho foi testar e comparar diferentes perfis, *swath* topográficos que analisa os valores dos pixels da janela e não uma linha única, e longitudinais dos rios, feitos a partir de quatro distintos modelos: ALOS, SRTM, TanDEM-X e um MDT.

2. Área de estudo

Foram escolhidas duas feições erosivas (Figura 1) identificadas por Goulart e Santos (2014) como paleofeições erosivas, nas proximidades do divisor de águas que separa as bacias dos rios Paranapanema e Ivaí.

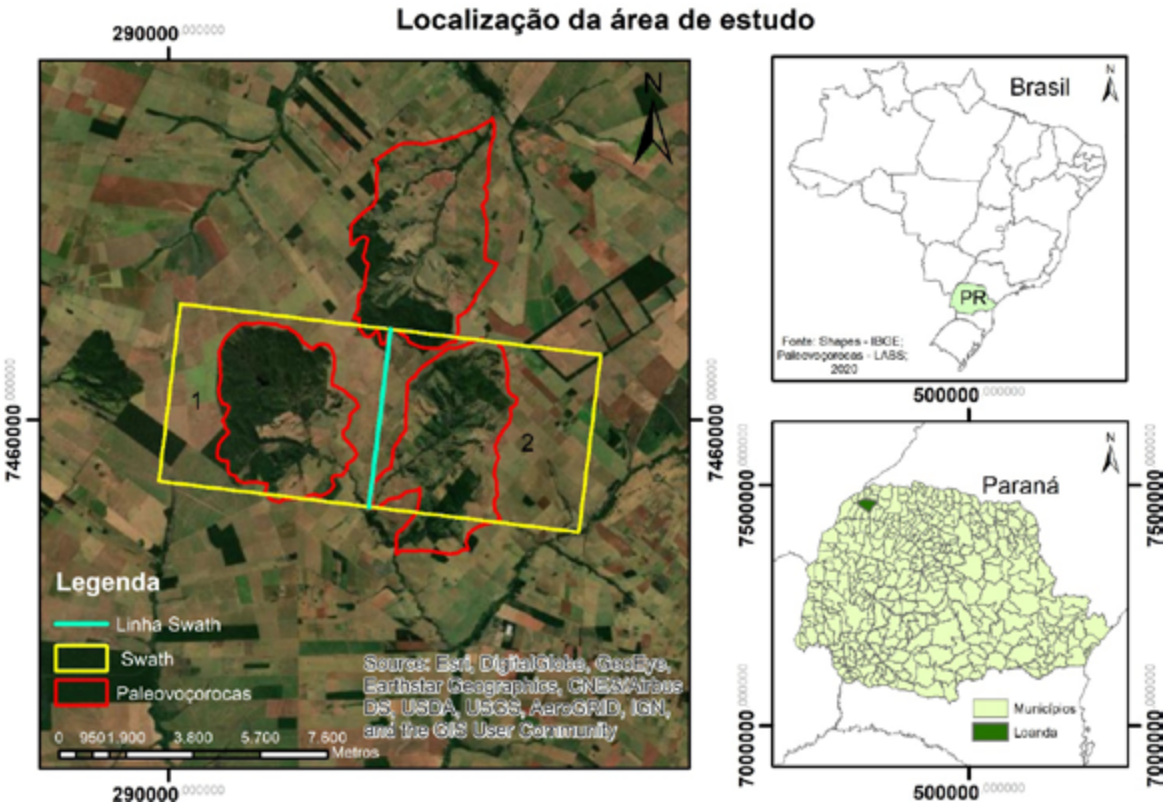


FIGURA 1: Localização da área de estudo. Fonte: Os autores, 2020.

Para o estudo foram escolhidas duas feições distintas com relação à configuração da vegetação atual, a Floresta Estacional Semidecidual: A feição 1 caracteriza-se por apresentar fragmentos remanescentes estáveis com mais dimensão e área core (núcleo); A feição 2 apresenta vegetação nativa muito fragmentada, com espécies oportunistas, e estrategistas, comportando-se muitas vezes como metapopulações Goulart et al. (2016).

A despeito da geomorfologia que abrange as duas feições, pode-se considerar a área das bordas das feições um limite suave a suave ondulado, mas que apresenta pontualmente rugosidades significativas, relevo abrupto (Goulart et al., 2018), consideradas por Goulart, et al. (2014) como possíveis paleofeições erosivas.

3. Metodologia

Os quatro modelos de elevação do terreno utilizados para a pesquisa foram adquiridos gratuitamente nas suas respectivas plataformas. Sendo assim, trabalhou-se com os seguintes arquivos *raster*, 3 MDEs e um MDT: ALOS; SRTM;

TanDEM-X; e um MDT. Esses modelos foram escolhidos segundo suas distintas características técnicas, sejam elas de aquisição ou mesmo de resolução espaciais dos dados. Foi possível distinguir e mensurar visualmente a acurácia dos MDEs obtidos por interferometria radar e seu uso em análises e estudos em Geomorfologia.

O MDE produto do satélite ALOS apresenta 12,5m de resolução e está disponível na plataforma da *National Aeronautics and Space and Administration* (NASA). A missão SRTM disponibilizada pela NASA o modelo com resolução de 90m. Também são disponibilizados dados reamostrados (por krigagem) de 30m de resolução, o que não confere maior detalhamento real, apenas um realce feito através de interpolação (VALERIANO, 2008).

O TanDEM-X é um produto proveniente do satélite TerraSAR-X, atualmente as imagens com resolução espacial de 90m estão disponíveis gratuitamente, enquanto as imagens com resolução de 30m são comercializadas dentro da plataforma online.

O último modelo empregado foi um MDT gerado através da ferramenta de interpolação *Topo to Raster* do *software* ArcGIS 9.3. Como arquivos de entrada foram utilizados pontos cotados, rede hidrográfica e curvas de nível com equidistância de 20m, retirados do Mapeamento Sistemático do Paraná (MI 2725-4, MI 2726-3), escala de 1: 50.000.

A primeira ferramenta utilizada para a comparação dos MDEs/MDT foi o perfil *swath*. Este é um perfil seccional topográfico aperfeiçoado, pois evita especificidades da linha de um perfil, através da expansão horizontal da informação representando assim não uma linha, mas uma janela retangular (Wobus et al., 2005; Telbisz et al., 2013). Os *swaths* ganharam expressão na análise dos efeitos da variação vertical de superfícies em estudos de grandes feições orogênicas ou mesmo no processo de esculturação de rios ou de processos paleoambientais, como de superfícies modeladas por condições paleoclimáticas (Telbisz et al., 2013).

O perfil *swath* utilizado para a comparação dos MDEs e MDT nesse trabalho foi o mesmo usado na aquisição dos dados altimétricos em todas as *rasters* testadas, com comprimento aproximado de 12km totais, janela em amarelo na figura 1, e 2km de largura da janela de amostragem. Já a resolução horizontal variou segundo a resolução dos arquivos *raster* de entrada, a fim de que cada transecto cobrisse uma linha de pixels perpendicularmente à direção do perfil. Sendo assim, a equidistância de amostragem entre os transectos da janela foi de 12,5m para o ALOS, 90m para o SRTM e para o TanDEM-X, e 20m para o MDT interpolado. Após a extração dos dados de máximo, mínimo e relevo atual, foram montados os gráficos dos perfis *swath*, respeitando o intervalo estipulado na amostragem, sem generalizações das informações.

Para confeccionar os perfis *swath* foram utilizados ao todo os seguintes softwares e ferramentas: QuantumGIS versão 2.18, com o plugin *SwathProfile*; e Microsoft Excel do pacote office 2013.

Outra análise comparativa foi feita considerando os perfis longitudinais dos rios, com a finalidade de entender se as diferenças e/ou semelhanças entre os MDEs/MDT e a hidrografia no interior das feições. Um perfil longitudinal considera os pontos amostrados ao longo das seções de drenagem de uma ou mais bacias. Geralmente os perfis longitudinais são usados na investigação do equilíbrio e maturidade, do grau de evolução da bacia em questão (Sinha, 1996; Perron e Royden, 2012). Nessas análises são avaliadas o ponto em que o rio nasce até sua foz, formando assim uma curva, uma parábola, que é frequentemente associada

à uma curva logarítmica. Visto que a distância e a amplitude da nascente em relação ao nível de base influenciam diretamente na capacidade de transporte de sedimentos e na escultura do relevo, alguns pesquisadores comumente utilizam-se de perfis longitudinais de rios para fazer inferências sobre o grau de equilíbrio de uma bacia e consequentemente sua interferência na morfodinâmica regional (Sinha, 1996; Perron e Royden, 2012).

Para os perfis longitudinais dos rios, a metodologia também precisou ser adaptada segundo a resolução de cada modelo. A extração automática da rede de drenagem gera resultados diferentes para resoluções distintas, sendo assim optou-se por utilizar parâmetros de generalização do comprimento do trecho de drenagem específicos para cada modelo, ou seja, 500m para o ALOS e para o MDT e 50m para o TanDEM-X e para o SRTM. Com tais parâmetros buscou-se redes de drenagem que representassem o mais próximo possível da paisagem atual, além da diferença de quantidade de canais de todos os dados, a configuração da rede também variou nos modelos obtidos por RADAR e o MDT.

A seleção dos canais representados nos perfis longitudinais foi feita manualmente, considerando sempre os mesmos canais em cada modelo, para fins de comparação. A representação considerou as áreas mais a montante da rede, sempre os canais de primeira ordem, para testar o comportamento dos MDEs/MDT em distintos contextos geomorfológicos distintos: (a) um relacionado ao padrão do relevo local, mais plano e com as nascentes mais próximas dos níveis do divisor regional e (b) outro dentro das feições erosivas, com relevo mais abrupto e com as cabeceiras já ajustadas, mais abaixo do nível da rede de drenagem local.

Para fazer os perfis longitudinais dos rios foi utilizado o software MatLab 2016, e a ferramenta TopoToolBox2 (Schwanghart e Scherler, 2014). O script flowpathapp (Schwanghart e Scherler, 2014) gera uma ferramenta interativa, que permite ao usuário escolher manualmente na de rede de drenagem os rios que serão representados no perfil a partir de cada um dos MDEs/MDT.

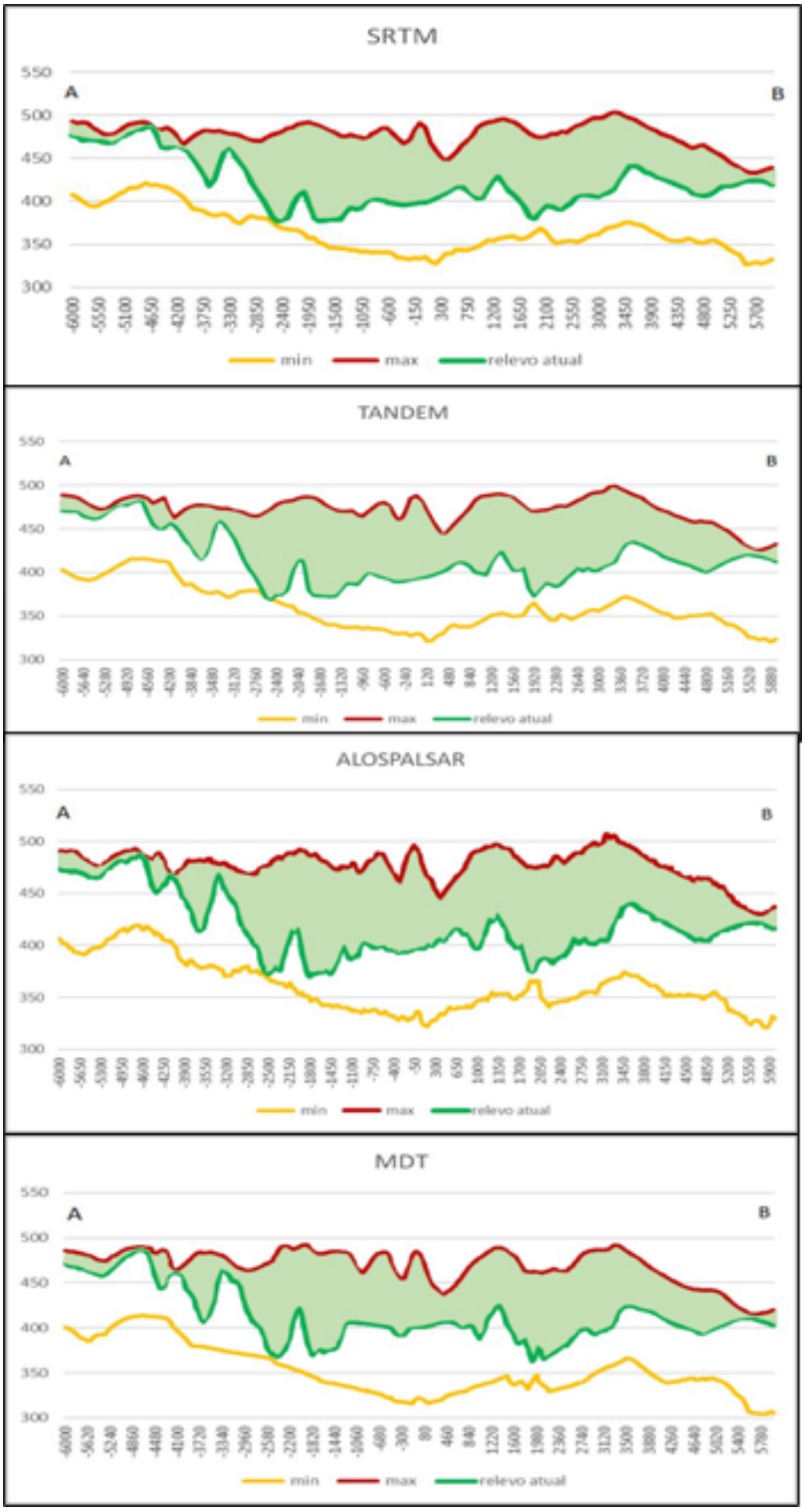
4. Resultado e Discussão

Os quatro perfis *swath* estão representados na figura 2. De uma maneira geral, todos os perfis *swath* representaram a diferença do relevo geofísico, este diz respeito a diferença dos valores máximos encontrados nos gráficos e que representariam paleosuperfícies, e o valor médio ou relevo atual encontrado na superfície. Assim como o nível de base local, porém, diferenças pontuais precisam ser detalhadas e ponderadas na análise comparativa.

Ao analisar o gráfico proveniente dos dados do modelo SRTM, nota-se pequenas variações frutos da(s) metodologia/ferramenta(s) de coleta de informação da superfície. Nesse perfil a representação do relevo é a mais suave entre os quatro, não apresentando variações abruptas das feições, como os modelos que serão descritos a seguir, o que indica um grau de generalização que não necessariamente é ruim para esta pesquisa, pois o nível do detalhamento depende da escala de trabalho e do objetivo do pesquisador em explicar processos geomorfológicos locais ou regionais.

O *swath* gerado pelo TanDEM-X é semelhante ao SRTM, possivelmente devido ambas às escalas serem de 90m, é possível notar que, apesar da resolução não ser a nível de detalhe, podem ser visualizadas nuances do relevo que apenas o ALOS, com melhor resolução, 12,5m, foi capaz de identificar. Outra particularidade relevante é a amplitude da curva do relevo atual, quase sobrepondo valores de máximo (na borda) e de mínimo (no nível de base de uma das feições erosivas).

O perfil gerado a partir do MDE do ALOS apresentou um ótimo nível de detalhamento para a área de estudo, que pode ser notado na pequena variação de valores altimétricos em cada uma das linhas do gráfico. Contudo essa pequena intercorrência nas linhas do gráfico pode ser um ponto negativo, pois dependendo da escala de análise em que o usuário precisa extrair informações, o tempo de processamento pode ser alto e o resultado muito detalhado para análises mais genéricas. Esse detalhamento pode constituir ainda um pequeno erro na



textura da superfície, visto que a resolução de 12,5m pode ter superestimado as alterações do relevo ao identificar a variação do dossel da vegetação. Nesse caso, a vegetação agiria como uma interferência, um ruído na representação da super-

fície e das formas do terreno. Outro ponto que merece atenção na comparação do ALOS com os outros modelos é em relação aos valores totais, pois entre todos os modelos, o ALOS foi o que mais superestimou os valores totais, com máxima acima de 500m.

As curvas do MDT são as mais suaves de todos os gráficos, o que indica uma certa generalização da informação, fazendo com que esse modelo seja mais adequado para análises regionais, de pouco detalhamento. Porém, é interessante notar que em pontos específicos do gráfico pôde-se notar uma variação brusca nos valores, indicando rupturas de declives que não foram representadas nos demais MDEs. Isso deveu-se ao fato de que o MDT foi feito através da interpolação de informações do mapeamento do Estado, sendo assim os dados de entrada possuem uma grande influência positiva no resultado final. Como as curvas possuem uma equidistância de 20m o arquivo final também ficará condicionado à presença dessas curvas, além dos pontos cotados e da rede hidrográfica. Os arquivos de entrada da interpolação também influenciaram na representação dos rios transversalmente no perfil, devido a presença de um arquivo shapefile de rede hidrográfica que é utilizado para o processamento do modelo.

Sendo assim, o MDT é uma boa alternativa de representação, mas depende muito da escala de análise e principalmente do número de informações utilizados como entrada para gerar o raster. Portanto, quanto maior número de informações dos arquivos vetoriais, melhor será a representação da paisagem.

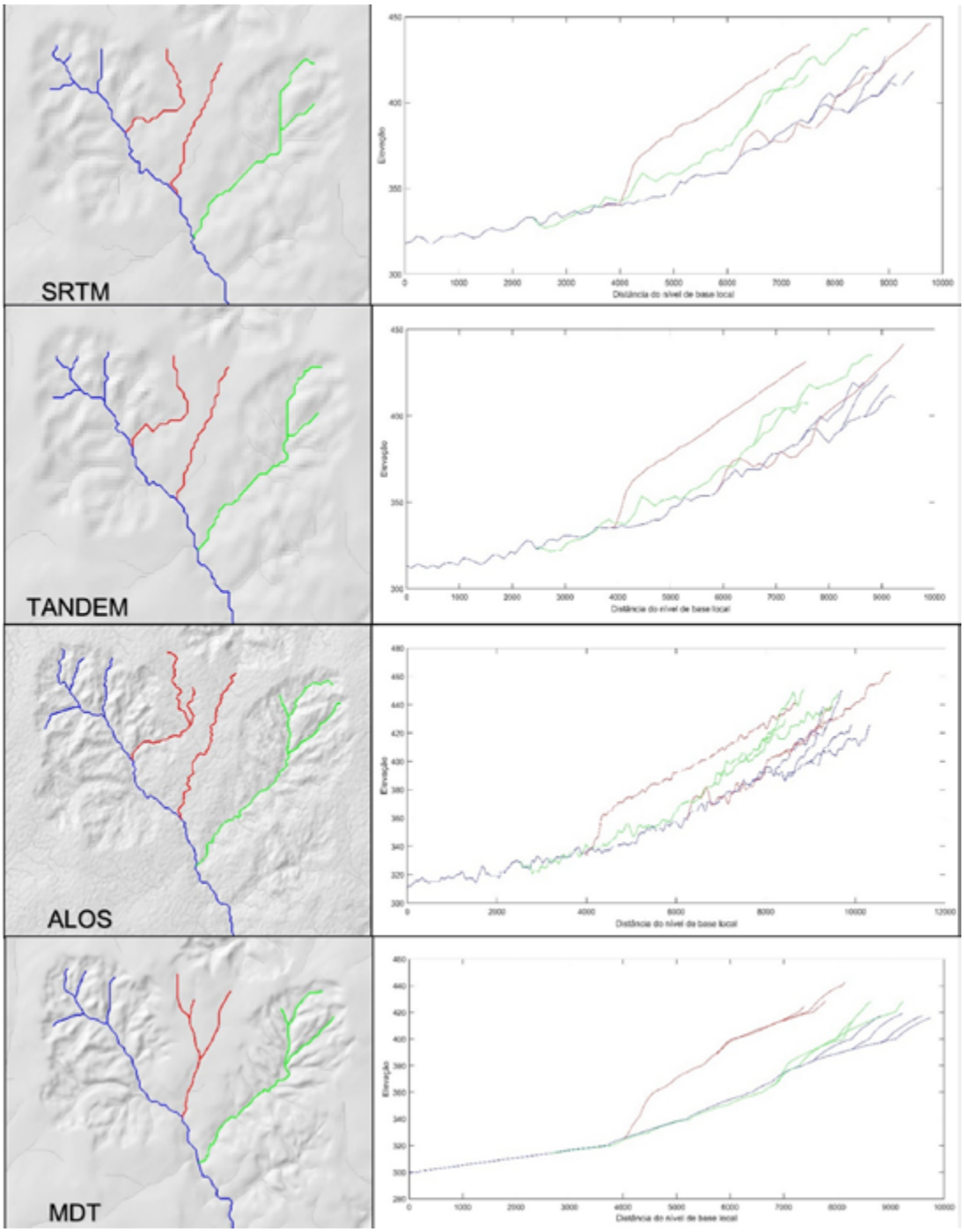
FIGURA 2: Perfis *swath* dos modelos. Fonte: Os autores, 2020.

Na análise dos perfis longitudinais dos rios (figura 3) foram observadas diferenças claras segundo cada modelo utilizado. Todos os perfis mostraram evidência do processo erosivo na morfodinâmica local, ao apresentar uma diferença altimétrica entre as drenagens internas (linhas azuis e verdes) e externas (linhas vermelhas) às feições erosivas. Os trechos na cor vermelha são aqueles que drenam áreas que ainda não foram condicionadas pelos processos erosivos. Outra evidência dessa diferença de processos morfodinâmicos entre os segmentos é uma acentuada ruptura de declive, um knickpoint, onde ocorre a confluência na área da erosão. Possivelmente nesse ponto o processo erosivo atual é mais intenso e o recuo ocorrera desse knickpoint até o divisor, estágio em que o processo terá uma influência regional, com capturas fluviais, e não mais local.

A rede de drenagem extraída do SRTM parece homogeneizar a informação da superfície, alguns trechos que nos outros modelos aparecem com pequena sinuosidade, são quase retilíneos no SRTM, muitas vezes claramente controlado pelos limites dos pixels do arquivo raster. Na observação do perfil longitudinal do SRTM é possível notar que o tributário representado pela cor verde tem um padrão distinto do padrão da drenagem representada em azul, mesmo ambos sendo extraídos de áreas internas às feições.

O TanDEM-X extraiu uma drenagem com trechos diferentes do SRTM, apesar da mesma resolução, 90m, obteve menor sinuosidade com ângulos/ trechos mais retilíneos. O ponto exato das cabeceiras também foi subestimado

em relação aos outros modelos, visto que para o TanDEM-X as nascentes estão



mais baixas, e por consequência o comprimento da drenagem e a amplitude até o nível de base local serão menores.

Nota-se que através do modelo ALOS há um maior detalhamento da rede de drenagem, com um padrão de drenagem mais denso que todos os demais, o que pode ser explicado pela resolução da imagem. Mas o modelo apresenta ruídos que estão presentes no *swath* e na morfologia da drenagem, ao interpretar as variações estas podem ser knickpoints ou validadas como apenas ruído do modelo.

Esse fato identificado nos três modelos poderia induzir a ideia que existem três padrões de evolução da paisagem na região. Uma feição erosiva estaria em um estágio evolutivo mais avançado (linha azul) que a outra (linha verde), e que a

drenagem externa representaria ainda um outro padrão de processo erosivo mais lento e ainda em ajuste inicial (linha vermelha).

A rede de drenagem extraída a partir do MDT é advinda dos dados levantados no mapeamento sistemático, sendo a mais próxima da realidade encontrada em campo, e este é um dado utilizado para interpolação. Sendo esse modelo o único a identificar à drenagem exterior à área da erosão de forma correta, com a drenagem externa fluindo em um padrão totalmente externo às feições, e não como se a drenagem em vermelho já estivesse sido capturada pela erosão maior, visto nos outros três modelos. Consequentemente a análise do perfil longitudinal mostrou melhor os padrões de drenagem diferentes e bem homogêneos, sem variações altimétricas nas linhas dos perfis e identificando dois padrões de drenagem distintos.

FIGURA 3: Perfis longitudinais dos rios. Fonte: Os autores, 2020.

5. Conclusões

Os resultados obtidos dos modelos demonstraram a influência da resolução espacial nas análises swath e do perfil do rio. Na análise swath o modelo SRTM obteve os maiores valores de mínimos e máximos, e representação gráfica semelhante ao TANDEM. Os modelos com valores mais altos em ordem decrescente a partir do SRTM se tem o ALOS, TANDEM e o MDT.

O TANDEM apresentou maior variação de seus valores, e a superfície atual sobrepôs os valores máximos e mínimos. O ALOS seguiu as formas dos modelos anteriores, na representação as linhas ficaram com maior variação e que pode representar a presença de vegetação. E o MDT apresentou o nível de base diferente dos demais e suavizou as linhas do gráfico que representam o relevo.

Quanto os resultados do perfil longitudinal ambos identificaram uma possível evolução da feição capturando a drenagem externa a ela. Os resultados de SRTM e TANDEM identificaram os mesmos segmentos, a diferença foi somente nas cabeceiras dos cursos d'água que no SRTM ficou em maiores altitudes.

O resultado do ALOS superestimou a drenagem, mesmo após a normalização dos dados. A análise do perfil identificou a cabeceira de drenagem a 460m e com 1000 metros de distância do nível de base, praticamente na borda de outra feição.

O MDT não identificou a mesma captura aparente nos outros modelos de RADAR, e a validação de campo não certificou está captura, as feições identificadas em ambos os modelos existem em campo, sem a presença de água.

E o uso de perfis longitudinais do rio indicou a presença de capturas pela evolução da rede de drenagem e cabeceira, evidente em todos os modelos, e os resultados do ALOSPALSAR mesmo com ruídos do sensor representam melhor e em detalhe a rede de drenagem **e as feições.**

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudo aos alunos de pós graduação.

Referências

BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI, J.Z. Simpósio nacional de controle de erosão. **Anais.** Maringá, 1985.

FERNANDES, L.A. Mapa Litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG) 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**., V.55, P.53-66. 2004.

FERNANDES, L.A.; COIMBRA, A.M.; BRANDT NETO, M. & DESENZI, A.L.G. Argilominerais e evolução diagenética do Grupo Caiuá. **Revista Brasileira de Geociências,** 24(2):90-96.

GOULART, A. A.; ADAMS, S. C.; SANTOS, L. J. C. Ecologia da paisagem da vegetação relictual do quaternário presente nas paleovoçorocas do município de Loanda/PR. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, **Anais...** Maringá, Brasil, 2016.

GOULART, A. A.; SANTOS, L.J.C. Evolução temporal e espacial das paleovoçorocas presentes no município de Loanda/PR. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 10, p. 81-86, 2014.

PERRON, JT; ROYDEN, L. **An integral approach to bedrock river profile analysis. Earth Surface Processes and Landforms**, 38 (6) (2012) , pp. 570 - 576 , 10.1002 / esp.3302

SANTOS, L. J. C.; FIORI, C.O.; CANALI, N.E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F; ROSS, J.S.. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 7:3-11. 2006.

SCHWANGHART, W. , SCHERLER, D. Short Communication: TopoToolbox 2 – MATLAB-based software for topographic analysis and modeling in Earth surface sciences. **Earth Surface Dynamics**, 2, 1-7. [DOI: 10.5194 / esurf-2-1-2014].

SINHA, S.K.; PARKER, G. Causes of concavity in longitudinal profiles of rivers. **Water Resources Research**, 32:1417-1428. 1996.

TELBISZ, T., KOVÁCS, G., SZÉKELY, B. & SZABÓ, J., 2013. Topographic swath profile analysis: a generalization and sensitivity evaluation of a digital terrain analysis tool. **Zeitschrift für Geomorphologie**, 57: 485-513.

WOBUS, C., WHIPPLE, K. X., KIRBY, E., SNYDER, N., JOHNSON, J., SPYROPOLOU, K., CROSBY, B., AND SHEEHAN, D.: Tectonics from topography: procedures, promise, and pitfalls, **GSA Special Papers**, 398, 55–74, 2006.

ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DIGITAIS DO TERRENO POR INTERFEROMETRIA DE RADAR EM FEIÇÕES EROSIVAS NO NOROESTE DO PARANÁ

Marianne Oliveira
Universidade Federal do Paraná
Av. Prof. Francisco H. dos Santos, s / n – Centro Politécnico
Edifício João José Bigarella CEP 81.531-990
E-mail: marianne.oliveira@outlook.com
Adriano Ávila Goulart
Universidade Federal do Paraná
Av. Prof. Francisco H. dos Santos, s / n – Centro Politécnico
Edifício João José Bigarella CEP 81.531-990
E-mail: adriano.avila.goulart@gmail.com
Leonardo José Cordeiro Santos
Universidade Federal do Paraná
Av. Prof. Francisco H. dos Santos, s / n – Centro Politécnico
Edifício João José Bigarella CEP 81.531-990
E-mail: santos.ufpr@gmail.com

Resumo

Compreender a morfodinâmica da paisagem é o objetivo de muitas pesquisas, para isto é preciso deter de modelos da superfície. Estes podem ser adquiridos de satélites ou gerados por curvas de nível, pontos cotados e hidrografia. Visando avaliar a fidedignidade dos modelos em superfícies irregulares (feições erosivas) no noroeste do estado do Paraná, foi realizada uma comparação dos MDE's (Modelos Digitais de Elevação). Para essa comparação foram confeccionados perfis para verificar a variação vertical das altitudes. A partir dos modelos foram extraídos atributos topográficos como declividade e orientação de vertentes. Notou-se que modelos de alta resolução são indicados para determinados trabalhos considerando as interferências presentes, o modelo TANDEM foi o mais adequado no geral, ressalta-se que é preciso analisar os resultados em campo de acordo com seus objetivos, pois mesmo com interferência a representação do terreno foi assertiva.

Palavras-chave: Modelo Digital de Elevação; Atributos topográficos; RADAR.

1. Introdução

Atualmente um dos grandes produtos da fotogrametria ou do sensoriamento remoto são os modelos digitais de elevação (MDEs) utilizados para representar o relevo (COELHO FILHO & BRITO, 2007). Essa técnica é usada também para quantificar a superfície física a partir de dados quantitativos quanto a morfologia do relevo (PIKE, 2002) reduzindo o trabalho de campo e obtendo informações de extensas áreas que seriam exaustivas nos métodos de levantamentos topográficos tradicionais.

O uso de modelos popularizou-se a partir do momento que foram disponibilizados de forma gratuita, tornando sua aplicação mais fácil em diversas áreas. Mas é necessário atentar-se para o fato de que os modelos não representam com exatidão somente a superfície terrestre, muitos deles sob influência dos objetos presentes em superfície como o caso da vegetação.

Para Henderson et al. (1998) a aquisição desses modelos do terreno é feita pela interferometria por radar de abertura sintética (InSAR), gerando dados de alta resolução com capacidade de adquirir informações durante dia e noite, e sobre qualquer condição climática. O princípio da aquisição de dados por radar é a emissão de pulsos em micro-ondas de rádio do espectro eletromagnético, neste caso os comprimentos de onda mais longos têm maior capacidade de penetração na vegetação do que os comprimentos mais curtos.

O trabalho mais popular utilizando interferometria SAR foi à missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) que obteve informação em uma escala global. Para avaliar sua acurácia vertical foram medidos por Aneel (2009) 1.087 pontos em campo obtidos com rastreadores Global Navigation Satellite System (GNSS) e métodos de topografia. Independente desta forma de mensuração da acurácia o método de se obter o MDE fornecido pelo SRTM é feito por uma onda que é espalhada pela copa da vegetação, e acaba representando o dossel da floresta (quando utilizado em áreas de vegetação densa) e não a superfície do terreno (BROCHADO, 2015).

Outros modelos semelhantes ao SRTM também estão disponíveis para utilização, mas são menos comuns e não apresentam a mensuração de sua acurácia de forma global ou regional, quando se é feito é somente para um pequeno recorte de trabalho. Com a utilização dos modelos é possível extrair informações de altimetria, como declividade e orientação de vertentes (VALERIANO, 2004) e informações de drenagem como direção e acumulação de fluxo.

Desta forma o presente trabalho busca demonstrar a diferença de quatro modelos: - SRTM de 90 metros, TANDEM (*TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurements*) 90 metros, ALOSPALSAR 12,5 metros e um modelo gerado pelo interpolador *Topo to Raster* com dados do Mapeamento Sistemático do Paraná 1:50.000, quando comparados em perfil em uma área de erosões estabilizadas com presença de vegetação. E verificar o comportamento de tais modelos para extração de atributos topográficos.

2. Área de Estudo

A área de estudo compreende feições erosivas no noroeste do estado do Paraná, próximas ao município de Loanda/PR, estão representadas na figura 1, em vermelho as feições erosivas estão circuladas. Segundo Goulart e Santos (2014) estas são consideradas paleovoçorocas, caracterizadas como feições morfológicas que tiveram sua gênese no Quaternário pelas diferentes condições climáticas, que apresentam características de voçorocas, em diferentes estágios de evolução e estão estabilizadas atualmente.

Na região, ambas as feições, atuais e pretéritas, ocorrem de forma simultânea devido a estrutura proveniente do Arenito do Grupo Caiuá (Fernandes, 1994). Segundo Bigarella e Mazuchowski (1985) esta diferenciação das formas atuais e pretéritas é impossível apenas pela morfologia da feição, considerando que estudos de sua gênese ainda não foram realizados. Mas em uma primeira aproximação, o estudo de Goulart e Santos (2014) identificam que a presença da vegetação nestas feições é anteriormente à ocupação humana.

A ocupação no noroeste do paraná foi em torno dos anos 50 segundo as imagens antigas. Notou-se que em 1953 a área era totalmente ocupada pela vegetação, com o início da ocupação o uso do entorno começou a alterar-se e desde então ainda estão conservadas como áreas de APPs (Áreas de Proteção Permanente) e reservas legais dos agricultores da região, mesmo que com profunda alteração da composição original da Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2006), nativa da região.

Pela estabilização das feições e de vegetação densa presente na mesma, os dados obtidos não são do mesmo ano de aquisição pois a evolução e variação das feições não ocorrem no intervalo de tempo da aquisição dos dados.

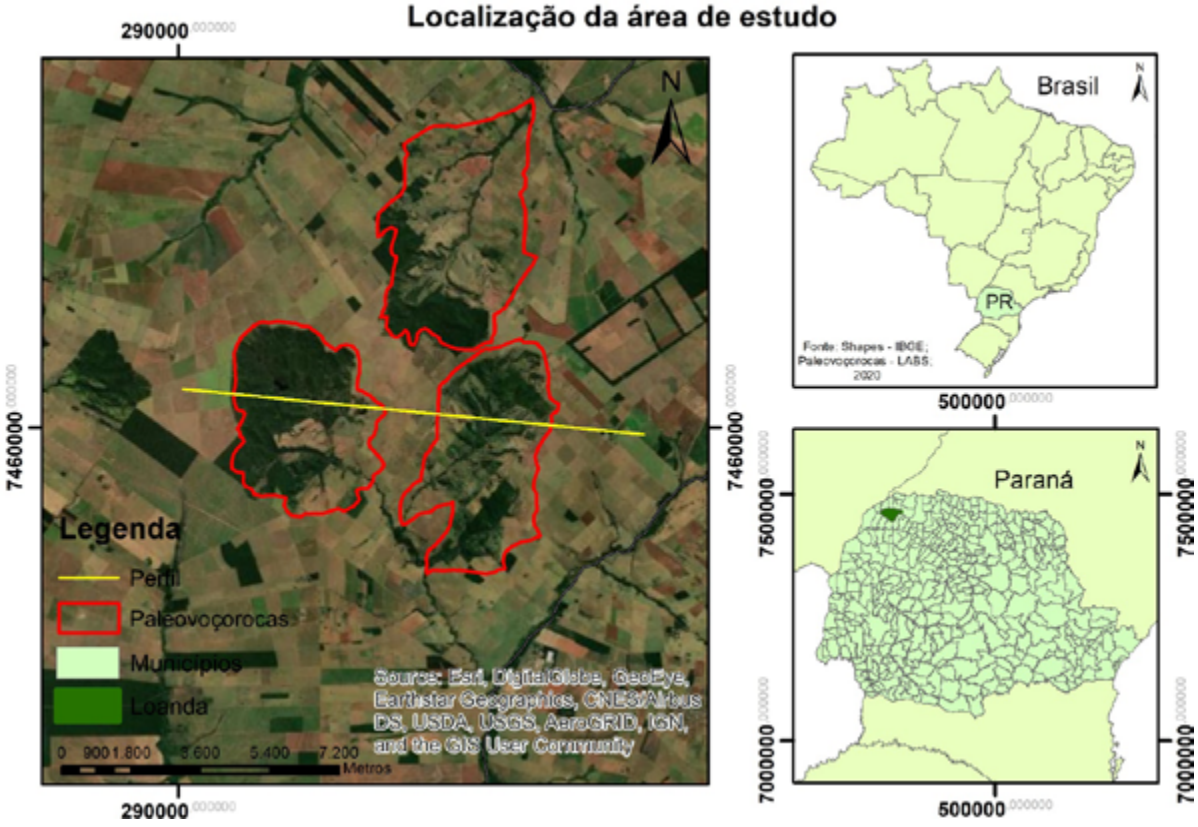


FIGURA 1: Localização da área de estudo. Fonte: Os autores, 2020.

3. Metodologia

Os modelos foram adquiridos nas plataformas que os disponibilizam gratuitamente. O satélite ALOS é um projeto desenvolvido pela *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) e pela *Japan Resources Observation System Organization* (JAROS), sendo este é composto por 2 instrumentos óticos e um radar polarimétrico de abertura sintética de banda larga PALSAR (*Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*) e pode ser adquirido na plataforma da NASA (https://search.asf.alaska.edu/#/?flightDirs=). Além das imagens de polarização é disponibilizado um DEM) com resolução espacial de 12,5 metros.

A missão SRTM realizada em conjunto com a *National Aeronautics and Space and Administration* (NASA) e a *National Geospatial Intelligence Agency* (NGA) e seu produto está disponível na resolução espacial de 90 metros. Para divulgação gratuita dos 30 metros (Topodata) o material de 90m foi reamostrado por krigagem, o que não se diferem pelo aumento da resolução espacial e apenas no realce das feições na maior resolução (VALERIANO, 2008).

O SRTM 90 encontra-se disponível em (http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/ ou https://cgiarcsi.community/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1/) e o Topodata de 30m em http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php).

O TanDEM-X é um satélite muito parecido com o TerraSAR já em orbita, ambos circulam juntos para a aquisição de dados na terra. Disponibilizam gratuitamente os dados com resolução de 90m em (https://download.geoservice.dlr.de/TDM90) e comercializam o de 30 metros.

Para validação dos modelos de RADAR foi gerado um Modelo Digital do Terreno (MDT) através da ferramenta de interpolação *Topo to Raster* no *software* ArcGIS 9.3, utilizando dados do Mapeamento Sistemático do Paraná (MI 2725-4, MI 2726-3) com escala 1: 50.000 como pontos cotados, hidrografia e curvas de nível com equidistância de 20m.

Para comparação dos modelos traçou-se um perfil A-B de aproximadamente 12km de extensão. O perfil foi obtido na mesma faixa em todos os MDE's adquiridos ou o MDT gerado, através do software QGIS 2.18.0 com a ferramenta Profile Tools, o perfil traçado está em amarelo na figura 1.

Por meio da análise no software QGIS foi confeccionado um perfil (ilustrado na figura 2) onde em laranja está o perfil de A-B e em vermelho são os pontos para comparação do perfil, nestes pontos foram observados e mensurados os valores de altitude no perfil. Esta distribuição dos pontos foi escolhida a partir da análise das imagens antigas e atuais da área de estudo.

Após a análise em perfil a partir dos MDE's, foram obtidos atributos topográficos no software ArcGIS 10.1, como a declividade (ferramenta *slope*) e orientação de vertente (ferramenta *aspect*), que representam o relevo e seu nível de detalhe. Os resultados obtidos dependem totalmente dos dados de entrada, estes são os atributos primários e determinantes do mapeamento de solos, por exemplo (KLINGEBIEL et al.,1987).

As duas feições que serão analisas ao longo do perfil apresentam diferenças quanto está composição da vegetação: a primeira feição, a Oeste, está mais estável, e com fragmentos de maior tamanho, com maior área core (núcleo), menor área de borda proporcionalmente e espécies de dossel representativas de clímax ecológico. A segunda, a leste, muito fragmentada, muita área de borda e com espécies oportunistas Goulart et al. (2016).

Com a extensão do perfil em 12 quilômetros, procurou-se representar todas as particularidades do terreno, como variação de altitude, presença de canais de drenagem, vegetação densa e relevo rugoso. Levando isto em consideração o perfil foi traçado em uma feição recoberta por um remanescente nativo denso e outra com menor densidade, maior interferência antrópica, para notar a diferença dos modelos com e sem presença de vegetação. Foram extraídos planos do perfil para comparação dos valores dos pixels em todos os modelos, considerando exaustivo para o trabalho não foram apresentados todos os valores das variações altimétricas nos pontos a seguir, optou-se por representar a variação dos pontos por comparação visual de todos os modelos em uma representação gráfica.

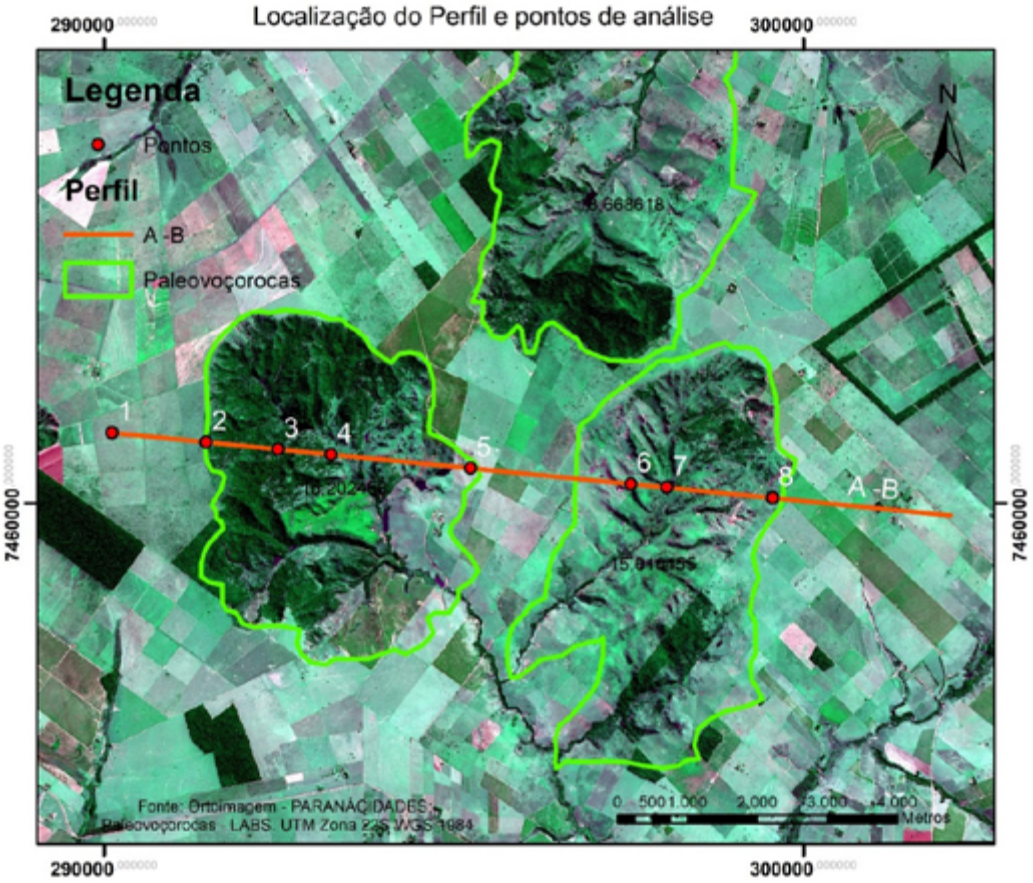


FIGURA 2: Localização do perfil e pontos de análise. Fonte: Os autores, 2020.

4. Resultados e Discussão

A comparação dos modelos foi divida em dados de baixa resolução espacial 90 metros (TANDEM, SRTM) e média a alta resolução com 12,5 e 20 metros (ALOSPALSAR, Topo to Raster).

O modelo TANDEM apresentou maiores picos em sua representação gráfica se comparado ao SRTM, superestimando os valores altimétricos (os pontos indicados pelos números 4, 6, 7 e 8 na figura 3). Entretanto, notou-se que a resolução espacial de 90m não favorece a avaliação precisa da influência da vegetação nos modelos. Mesmo os perfis sendo traçados na mesma reta, houve alteração na representação. Além de que, as maiores variações ocorreram no segmento de vegetação densa (ponto 4 da figura 3).

Os modelos seguintes com maior resolução espacial sendo o ALOSPALSAR com 12,5 metros e o *Topo to Raster* obtido pelo interpolador ANUDEM (Hutchinson,1989), pelos dados sucedidos do Mapeamento Sistemático do Paraná, com 20 metros. Mesmo que estes não apresentem a mesma resolução espacial, como o TANDEM e SRTM, a escala de ambos são compatíveis para a comparação de seus resultados.

A representação derivada das curvas de nível, pontos cotados e hidrografia (*Topo to Raster*) não obteve as mesmas formas na representação em perfil, sua transição dos pontos no relevo ficou mais gradual e sem os picos pontiagudos. Pelo detalhe das informações os outros modelos apresentaram alguns picos em

sua representação principalmente o ALOSPALSAR e o TANDEM. Ambos os valores dos modelos ALOSPALSAR e *Topo to Raster* apresentaram variações ao longo de todo o perfil, os valores mais distintos na realidade foram na paleovoçoroca sem vegetação. (pontos 6 e 7 da figura 3). Os valores de altitude do ALOSPALSAR foram maiores alcançando até 21 metros, o que pode ser explicado pela amplitude do relevo, que assim como no modelo SRTM apresentam dificuldade de aquisição em terrenos ondulados.

Em laranja está o perfil do MDT obtido pelo interpolador ANUDEM, este na maioria apresentou valores de altitude mais baixos que os demais, em especial nos pontos 3 e 4 com presença de vegetação os valores foram muito próximos ao do ALOSPALSAR. O ALOSPALSAR ilustrado na cor verde, no geral seguiu o padrão dos modelos de RADAR, no trecho com vegetação os valores de altitude não extrapolaram os demais como era esperado. A maior discrepância foi na feição 2, com morfologia rugosa, que variou mais de 20 metros dos demais (entre os pontos 6 a 8). A diferença visual deste modelo também se destaca na observação em perfil, pois ele tem um formato mais pontiagudo, e que não necessariamente representaria a forma real do relevo, e sim pela escala dos dados.

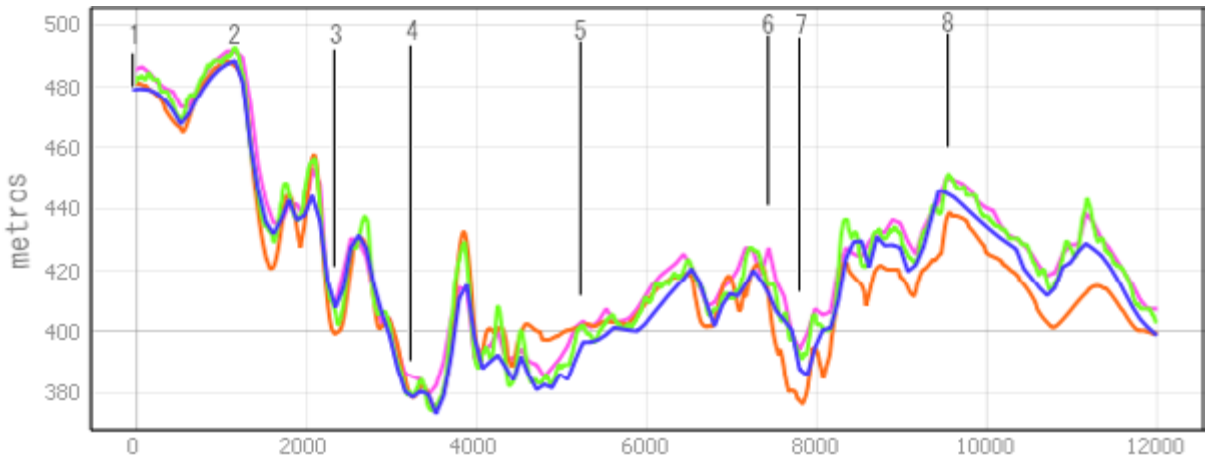


FIGURA 3: Comparação dos modelos em perfil. As cores representam cada modelo: laranja o MDT gerado.; em verde o ALOSPALSAR, Roxo o TANDEM e azul o SRTM. Fonte: Os autores, 2020.

Além dos perfis**,** verificou-se também a forma como todos os modelos geraram atributos topográficos primários (orientação de vertentes e declividade). Os modelos com 90 m de resolução representaram na orientação de vertentes (figura 4) praticamente as mesmas direções, a variação dos resultados ocorreu apenas no relevo suave do entorno das feições. Nos dados de maior resolução espacial a representação ficou distinta no atributo declividade, demonstrando maior variação de cores e dos intervalos de classes de declividade. O resultado do MDT apresentou melhor representação das direções e a transição das orientações ao longo das vertentes. Os valores que saíram do padrão esperado foram influência dos pontos cotados na representação pelo interpolador ANUDEM, e criaram picos onde estão os pontos cotados. Os demais modelos representaram bem as feições e tornaram possível a delimitação de sua forma e seu contorno com perfeição.

O maior problema encontrado na orientação de vertentes é a representação da vegetação como um ângulo de inclinação da vertente. A direita da área encontra-se um recorte de reflorestamento comercial que aparece nos modelos, principalmente nos dados de ALOSPALSAR (circulado em preto na figura 4).

Outro atributo topográfico primário gerado foi a declividade**,** representada na figura 5. O SRTM e o TANDEM apresentaram novamente resultados semelhantes, identificando bem as áreas com até 3% de declividade, além de identificar precisamente onde estão os canais. O ALOSPALSAR obteve menor concentração desta classe e pouca delimitação da ocorrência e forma dos canais.

O MDT apresentou a maior densidade na classe de 0 a 3%, assim como a boa delimitação do sistema de drenagem, mas isso é resultado dos dados de entrada para confecção do modelo, que utiliza estes como dado de entrada e as curvas de nível que determinaram as formas da declividade.

O resultado deste atributo pelo MDT não identificou classes mais declivosas como os modelos anteriores. Pois as curvas de nível têm um peso determinante nesta representação, nota-se que as declividades acompanham o desenho das curvas com valor de 3 a 8 % nestas feições e que nas representações anteriores estavam mais homogêneas ao longo de toda superfície.

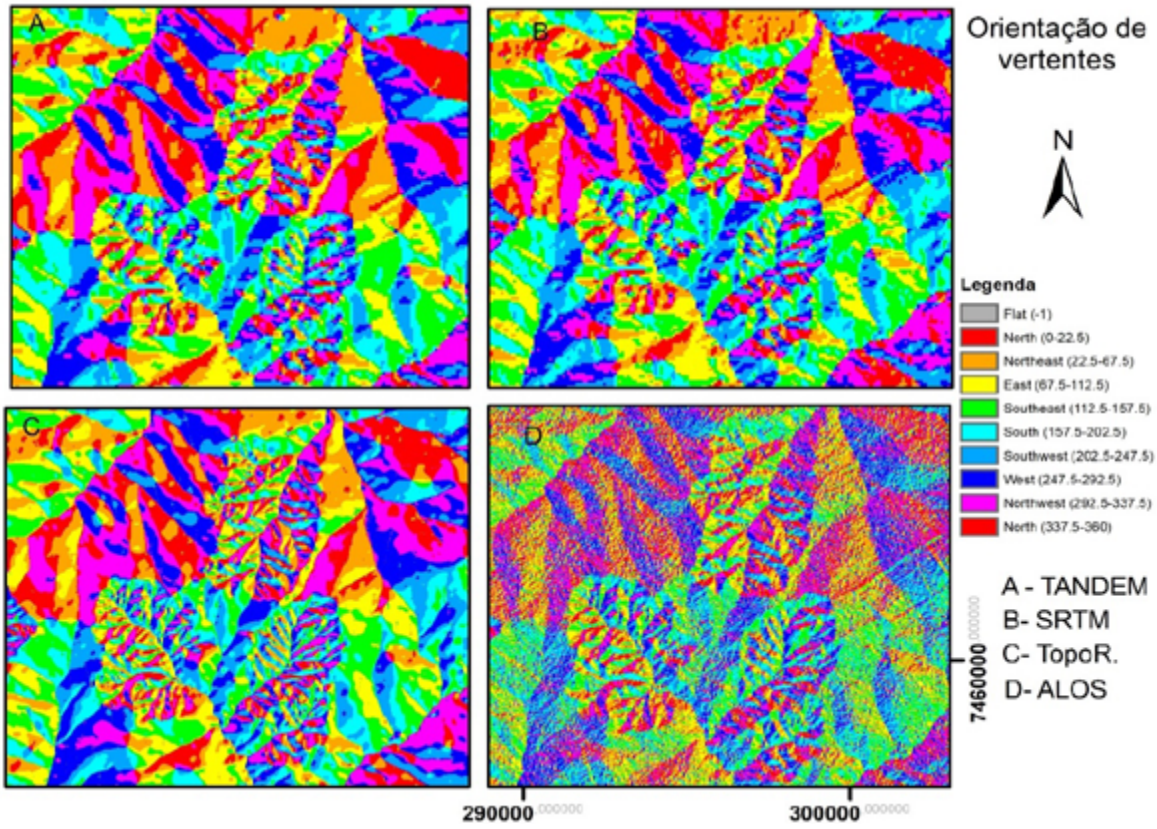


FIGURA 4: Orientação das vertentes. Fonte: Os autores, 2020.

Os valores de declividade de 8 a 20 % encontraram-se próximos aos rios, e no interior das feições os valores de 20 a 45%. No ALOSPALSAR estas duas classes estão distribuídas intensamente em todo o recorte, visualmente a representação ficou parecida com a do MDT que foi bem delimitada pelas curvas de nível.

O SRTM obteve mais classes com baixa declividade chegando até 20%, enquanto o TANDEM apresentou as maiores declividades até 45% em alguns segmentos dentro das feições.

Todas as representações obtiveram valores de declividade maiores que 45% no centro das feições, principalmente os modelos de 90 metros de resolução. Em decorrência da existência real destas formas que foram verificadas em campo. O TANDEM foi o que mais identificou esta classe e o que mais apresentou em perfil menores altitudes em comparação com os demais, até mesmo o MDT. Na sequência do TANDEM o SRTM foi o segundo com maior densidade das classes acima de 45%. Além da verificação em campo, constatou-se que o ALOSPALSAR representa a vegetação nos modelos, mas não a indicou como classes montanhosas.

Estas classes representadas também foram reclassificadas para novos valores de intervalo a fim de verificar a variação destes nas maiores altitudes, porém o resultado não apresentou mudança significativa, assim permaneceu-se a classificação de EMBRAPA (1979).

Mesmo em diferentes intervalos de classes, os modelos de RADAR apresentaram altas declividades na área de reflorestamento ao lado das feições (circulada em vermelho na figura 5). A forma aparece nitidamente no modelo ALOSPALSAR por sua resolução, mas não é excluído totalmente nos modelos de 90 m.

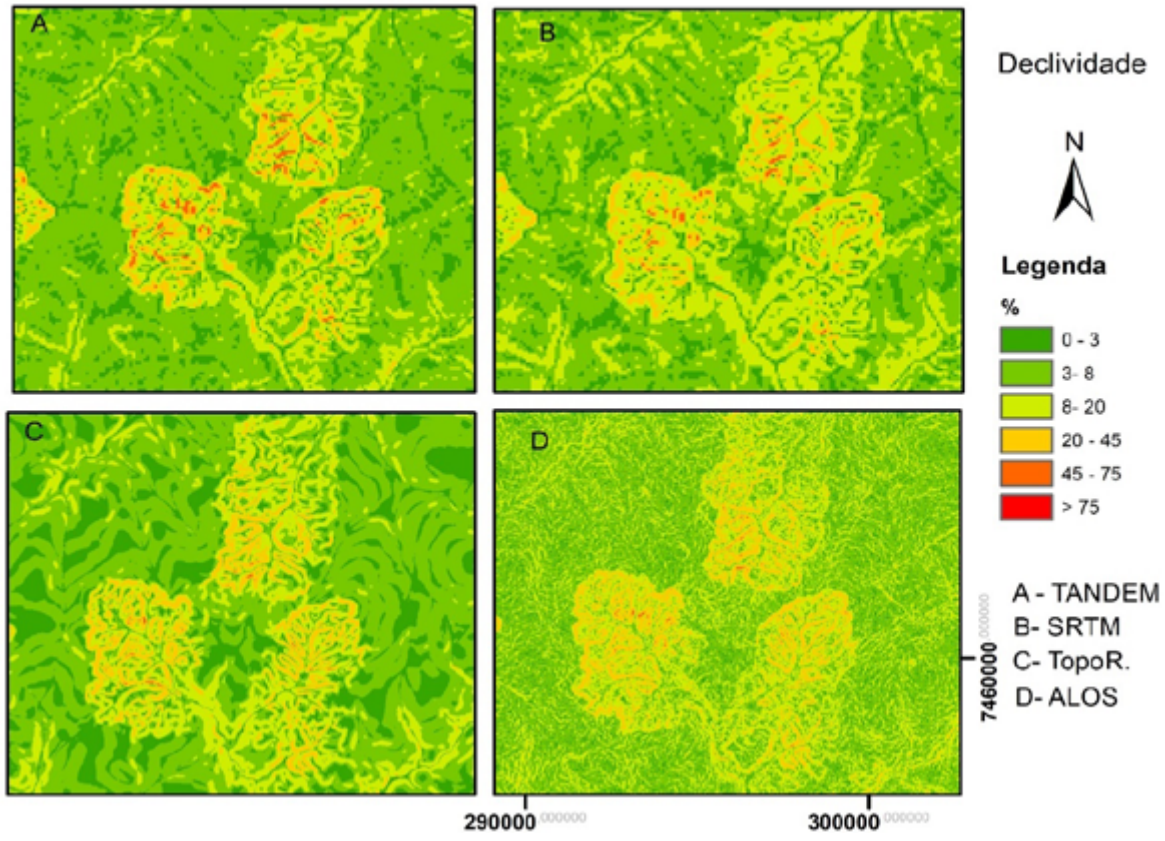


FIGURA 5: Declividade. Fonte: Os autores, 2020.

5. Considerações Finais

Quando comparados em perfil os modelos variaram em alguns metros. Sem a validação por pontos de controle em campo com GNSS ou levantamento aerofotogramétrico não foi possível determinar a precisão dos modelos, contudo, a análise visual e a geração dos atributos topográficos puderam auxiliar na escolha do modelo adequado.

O perfil extraído do TANDEM foi semelhante aos resultados dos valores do MDT com valores pontualmente mais próximos ao MDT. Comparando ainda com o MDT o modelo SRTM ficou mais próximo ao longo do perfil, não somente pontual como o TANDEM. E o ALOS ficou com os valores de altitude mais altos, distantes do MDT.

Quanto aos atributos topográficos o TANDEM mesmo com baixa resolução delimitou melhor a rede de drenagem no atributo declividade, e identificou melhor as classes acima de 45% de declividade que existem dentro das feições. O SRTM obteve resultado semelhante, os valores com maior declividade foram menos identificados quanto ao modelo anterior.

No MDT pelo Topo to Raster a declividade ficou genérica e a drenagem ficou bem delimitada pois é um dos seus dados de entrada. O ALOS apresentou a pior declividade, com muitas formas e homogeneização de classes, e a drenagem identificou até os pequenos canais excessivamente.

Para orientação de vertentes TANDEM, SRTM e MDT apresentaram resultados semelhantes, o TANDEM se distinguiu apresentando orientações mais homogêneas. O ALOS definiu perfeitamente a morfologia do terreno, mas o excesso de informação pode confundir o leitor sobre as direções.

Considerando os atributos extraídos junto ao perfil conclui-se que o TANDEM foi o melhor modelo para compreender a superfície. É preciso atentar-se ao uso de modelos de escala incompatível, e considerar as fragilidades existentes. Ressalta-se que a vegetação pode influenciar na penetração das ondas eletromagnéticas e isto indicara erroneamente direção e acumulação de fluxo, considerando o ângulo de inclinação da camada vegetação como curvatura do relevo.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudo aos alunos de pós-graduação.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL), **Diretrizes para elaboração de serviços de cartografia e topografia, relativos a estudos e projetos de aproveitamentos hidrelétricos.** Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/scg/Doc/Diretrizes_Topografia.pdf. Acesso em novembro de 2019.

BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI, J.Z. **Simpósio nacional de controle de erosão.** Anais. Maringá, 1985.

BROCHADO, G.T. **Atenuação do efeito do desflorestamento em dados SRTM por meio de deferentes técnicas de interpolação**. 2015. 113p. (sid.inpe.br/mtcm21b/2015/02.06.18.12-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015. Disponível em http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3HT5JCL. Acessado em: novembro de 2019.

COELHO FILHO, L. C. T., BRITO, J. L. N. S**. Fotogrametria Digital.** Editora da Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil: 2007.

FERNANDES L.A. e COIMBRA A.M. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Rev. Bras. Geociências**, 24(3):164-176, 1994.

GOULART, A.Á.; SANTOS, L.J.C. **Evolução temporal e espacial das paleovoçorocas presentes no município de Loanda/PR**. Revista Geonorte, Edição Especial, v. 10, p. 81-86, 2014.

GOULART, A. A.; ADAMS, S. C.; SANTOS, L. J. C. **Ecologia da paisagem da vegetação relictual do quaternário presente nas paleovoçorocas do município de Loanda/PR**. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, Maringá, Brasil, 2016.

HENDERSON , A; HT BECK , A. Scariot. **Flora de palmeiras da Ilha de Marajó, Pará, Brasil (palmeiras da ilha de Marajó, Pará, Brasil)**

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Série Botânica) , 7 (1991) , pp. 199 – 222.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE. 2006.

KLINGEBIEL, A. A.; HORVARTH, E. H.; MOORE, D. G.; REYBOLD, W. U. **Use of slope, aspect, and elevation maps derived from digital elevation model data in making soil surveys.** Madison: Soil Science Society of America. 1987. (SSSA Special Publication, 20).

PIKE, R. J. A **Bibliography of terrain modeling (geomorphometry), the quantitative representation of topography-supplement 4.0.** Menlo Park, CA: USGS, 2002. Disponível em: Acesso em novembro de 2019.

VALERIANO, M.M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. 72p.

VALERIANO, M. M. . **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais.** São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-15318-RPE/818). 72p., 2008.

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO CANAL FLUVIAL DO RIO MURÚ E TARAUACÁ E A SUA INFLUÊNCIA HIDROSSEDIMENTOLÓGICA NAS INUNDAÇÕES DA CIDADE DE TARAUACÁ - ACRE

Antonio Roney de Figueiredo Barbosa
Universidade Federal do Acre - UFAC
E-mail: roneybarbosa23@gmail.com
Waldemir Lima dos Santos
Universidade Federal do Acre - UFAC
E-mail: Waldemir_geo@yahoo.com.br

Resumo

Com o aumento do desenvolvimento de novas tecnologias e o avanço no conhecimento científico, a capacidade de intervenção do homem na natureza aumentou de forma significativa e as áreas urbanas são os espaços onde essas transformações são mais visíveis. Tem por objetivo analisar o processo hidrossedimentológico e como influencia nas constantes inundações no perímetro urbano da cidade. Foi realizado a partir de trabalho de campo no período de inverno e verão amazônico de 2019 e 2020 com coleta de sedimentos de fundo do leio do Rio Muru e Tarauaca, coleta de agua posterior foi realizado analise em laboratório e base bibliográfica. trabalho já demonstra alguns ensaios de resultados a partir da abordagem geral sobre o tema, que envolve a base teórica, conceitual da pesquisa e de levantamento de dados sobre: Bacia hidrográfica, mapas da área de estudo, condições de uso e ocupação da terra e cidade, relevo predominante, clima e análise histórica de precipitação

Palavras-chave: Hidrossedimentologia, Amazonia, Pesquisa, Tarauaca--Acre.

1. Introdução

Devido ao crescimento da malha urbana no último século a pressão antrópica sobre o meio natural intensificou vários problemas ambientais, dentre os diversos problemas existentes nos núcleos urbanos, podemos citar os de natureza Hidrogeomorfológica. Muitas regiões do país sofrem constantemente com as inundações do canal fluvial, que acarretam em diversos impactos sociais, econômicos e ambientais. No caso da Região Norte, o clima equatorial contribui diretamente para as altas taxas de precipitação anual. As cheias históricas nos rios da região registradas nos últimos dez anos são exemplos das altas taxas de precipitação nestas áreas.

O estudo de bacias hidrográficas pode ser visto como um recorte da Geomorfologia Fluvial, pois esta ciência é vista como suporte para pesquisas ligadas a cursos d'água. Esse estudo relaciona importantes elementos climáticos, hidrológicos, geológicos e geomorfológicos, mas também estudam a relação desses elementos com o meio biótico (ação humana), ou seja, não se atem somente ao estudo da ação no canal principal, vai desde o escoamento das águas até os regimes hidrológicos.

O presente trabalho, tem como justificativa o seu pioneirismo em relação a temática, por se tratar de um estudo jamais realizado no rio Murú e Tarauaca, que fica localizado no Munícipio de Tarauacá, estado do Acre, com recorte temporal de análise das últimas duas décadas de 2000 a 2020. Buscamos correlacionar a participação das águas e sedimentos do rio Murú, que causa as constantes inundações na cidade, uma vez que a mesma, teve parte de sua formação em meandros abandonados e áreas da planície de inundação do rio Tarauacá.

A Pesquisa tem sua fundamentação e argumentação em relação a necessidade de buscar entendimento das variáveis: assoreamento do canal, processos hidrossedimentológicos, atuação do homem nesse processo, granulometria de sedimentos de leito e material em suspensão, que serão algumas das variáveis analisadas. Tais fatores implicam no processo histórico de constantes inundações na cidade de Tarauacá, causando transtornos, perdas de bens, a saúde da população é afetada, entre outros problemas. Entender como a dinâmica desses rios funcionam e procurar medidas para minimizar os efeitos sobre a população.

Este estudo é necessário, pois visa desenvolver e disponibilizar embasamento teórico e levantamento de dados para projetos futuros de intervenção e minimização de danos sociais e econômicos ocasionados pelas constantes inundações na referida cidade. Com a elaboração de plano de contingenciamento e elaboração de mapas de ocupação da cidade de Tarauacá, estabelecendo locais apropriados para o estabelecimento de residências, que poderá ser utilizado em ações de intervenção pelos órgãos de Defesa Civil, na tentativa de reduzir possíveis danos em razão da ocorrência das inundações.

Levando em conta também os aspectos sociais que interferem no município, como as atividades humanas, o desmatamento que já atinge grande parte do estado, podendo estar interferindo no alargamento do canal fluvial, processos de assoreamento que faria com que aumentasse a planície de inundação pela confluência do rio Murú e Tarauacá.

Sendo assim, esta pesquisa procurou responder os seguintes questionamentos: qual a real interferência do Rio Murú nas inundações no núcleo urbano do município de Tarauacá – Acre? As atividades humanas são um fator de intensificação da modelagem da paisagem, causando efeitos prejudiciais na área de estudo? Através da análise da dinâmica hidrossedimentológica há condições de avaliar a influência dos rios Muru e Tarauacá sobre o núcleo urbano? Futuramente quais serão os resultados e/ou prejuízos que estes eventos poderão ocasionar no município?

Trabalhamos com a hipótese de que as que as alterações antrópicas ocasionadas nas bacias do rio Murú e Tarauacá estão afetando o transporte de sedimentos, aumentado a assoreamento dos rios, com consequente aumentos nos eventos de inundação na cidade de Tarauacá nos últimos 20 anos. Acredita-se que a localização da cidade nessas condições de encontro de dois grandes rios contribui para essas periódicas inundações anuais.

O objetivo geral é analisar os aspectos hidrogeomorfológicos do canal principal dos rios Murú e Tarauacá e sua influência nas inundações na cidade de Tarauacá – Acre.

2. Metodologia

Para Moraes (2012) o contexto de formação de muitas cidades remete a questão fluvial. Muitas populações cresceram próximas aos rios, e com isso, houve o desenvolvimento de grandes aglomerados urbanos nestes locais. Entre as consequências deste crescimento estão a supressão das áreas de várzeas e alteração da dinâmica dos cursos d'água.

A ocupação desordenada juntamente com a pressão crescente por recursos naturais demanda constantemente por novas áreas de exploração, desencadeando e por vezes acelerando os desequilíbrios ambientais. A ocorrência periódica de chuvas e inundações tem ocorrido com certa frequência nos últimos 10 anos. Aliado às chuvas, a ação antrópica tem contribuído com essa situação através da retirada da vegetação, ocupações irregulares em encostas e bacias de drenagem dos rios. Aliado a isso também há a falta de planejamento e fiscalização das áreas urbanas, mudança climática, entre outros.

Segundo Guerra (1995) o conhecimento sobre processos geomorfológicos é de fundamental importância. Uma abordagem consiste em reconhecer a incidência espacial dos processos e as suas intensidades e mudanças ao longo das vertentes. Para o controle da erosão dos solos e do escoamento superficial, nas vertentes, torna-se oportuno fazer uma alocação das culturas desde o topo até o sopé, assim, como realizar obras costumeiramente indicadas pelos especialistas para o manejo do solo.

Os rios Acreanos fazem parte da maior Bacia hidrográfica do mundo, a Bacia Amazônica, que segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), ocupa 45% do território nacional (ANA, 2021).

O local da pesquisa é marcado pela atividade agropecuária, parte na cidade, que abriga agricultores e a população em geral a problemática é aliar a localização da cidade que metade está localizada em locais susceptíveis a inundações sabendo-se que no futuro ou até mesmo em pouco tempo pode ocorrer desmoronamentos de terras ou a acentuação da formação da erosão no local.

No Brasil, a estrutura de gestão dos recursos hídricos tem modelos inspirados na França, esse sistema vem sendo incorporado pela Lei 9.433/97 que estabeleceu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (SANTOS, 2013). O Brasil passou por um intenso processo de urbanização a partir da década de 1960. O intenso fluxo de pessoas indo para as cidades, que em sua maioria estavam despreparadas para receber estas pessoas, fez com que houvesse uma ocupação desordenada dos espaços urbanos.

Os impactos da interferência humana na natureza tem sido alvo de diversos estudos, principalmente quanto à relação interferência antrópica nos recursos hídricos. De acordo com SCHUMM (1997) *apud* SANTOS (2013) o uso e ocupação da terra, mudanças em práticas agrícolas, construção de reservatórios,

associado a fatores geológicos, climáticos, geomorfológicos e hidrológicos tem relação direta com os processos erosivos, mas também com as cheias, além disso, interferem também no transporte e distribuição de sedimentos ao longo do canal.

Este estudo é muito importante para o meio ambiental, pois mudanças nos processos fluviais refletem diretamente no sistema aquático, do ponto de vista social e econômico é importante devido a sua interferência no abastecimento de água no setor público e industrial, ou seja, o estudo da hidrossedimentologia interfere de forma direta e indireta nas relações abiótica e biótica do sistema fluvial.

Desta forma, a exposição dos solos para práticas agrícolas, exploração agropecuária, mineração ou para ocupações urbanas, em geral acompanhadas de movimentação de terra (Movimentos de Massa) e da impermeabilização do solo, processos esses que são nítidos na pesquisa a campo, principalmente ligado a impermeabilização dos solos, por se tratar de área de pastagem as margens dos rios.

3. Materiais e Métodos

O município de Tarauacá, localiza-se na mesorregião do Vale do Juruá. Possui uma área de aproximadamente 20.171,089 km², e uma população estimada de 43 mil habitantes. Tarauacá limita-se ao norte com o estado do Amazonas; ao sul, com o município de Jordão; a leste, com o município de Feijó e a oeste, com os municípios Porto Walter e Cruzeiro do Sul (IBGE, 2019; SOUSA, 2020).

O clima de Tarauacá, assim como o clima do Estado do Acre, é caracterizado por altas temperaturas e elevados índices pluviométricos. Na maior parte do Estado, as precipitações são relativamente abundantes (ACRE, 2010). Os meses menos chuvosos na região são junho, julho e agosto. A temperatura média anual está em torno de 24,5°, e a máxima 32°C.

A atividade pré-campo consistiu nas seguintes ações: leitura e construção do referencial teórico por meio da metodologia de revisão integrativa de literatura, seleção dos pontos de coleta e preparação das atividades de campo, busca por imagens de satélite para a delimitação e reconhecimento da bacia hidrográfica estudada e elaboração dos mapas de localização e espacialização dos pontos.

O segundo passo ocorreu a partir da definição dos critérios para a seleção de materiais bibliográficos. O terceiro passo metodológico consistiu na elaboração de uma análise teórico-conceitual tendo como base os trabalhos pesquisados e salvos em ambiente digital.

Após a etapa de elaboração do referencial teórico foi feita uma pesquisa por imagens de satélites para subsidiar a delimitação da bacia hidrográfica, à escolha dos pontos de coleta e a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo. As imagens utilizadas neste trabalho foram as do satélite Landsat 5 e 8 disponibilizadas no portal eletrônico do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

No tocante a materiais para utilização no campo, o Laboratório (LAGESE) disponibilizou o Clinômetro Suunto; Balizas de alumínio; GPS; Bússola; Penetrômetro digital, para medidas em campo; e frascos tipo nalgon de 500 ml, para coleta de água, cujas análises foram realizadas na Unidade de Tecnologia de Alimentos da UFAC – UTAL.

No total foram coletadas 10 amostras de sedimentos de fundo de cada lado e 30 amostras d'água que compreende as duas margens e no meio do canal fluvial. Processo esse que foi desenvolvido no período de cheia e posteriormente no período de seca regional.

As atividades pós-campo consistiram na elaboração dos mapas, análises químicas e físicas das amostras de água e sedimentos de leito, sistematização e análise dos dados. Os mapas foram produzidos a partir das ferramentas de geoprocessamento disponíveis no software ArcGIS 10.8. A classificação das imagens, bem como a quantificação das variáveis de uso e ocupação da terra também foram elaborados a partir do software ArcGIS. Para a elaboração de mapas utilizou-se o *Software Arcgis* e *Qgis* no Laboratório de Geoprocessamento da UFAC.

Para estudos dos sedimentos de leito utilizou-se as instalações do laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia (LAGESE) do curso de Geografia da Universidade Federal do Acre (UFAC) cuja estrutura atendeu a demanda desta pesquisa.

As análises de Turbidez foram efetuadas na E.T.A (Estação de Tratamento de Água), do Departamento Estadual de Água e Esgoto de Rio Branco com a utilização do Turbidímetro digital da marca Hach.

Posteriormente foi aplicado a metodologia da Embrapa (2006), Santos (2013), para realização da análise granulométrica dos sedimentos de leito realizado no Laboratório de Geomorfologia e sedimentologia da Universidade Federal do Acre – UFAC. A análise da água conforme Macêdo (2003) foi realizado na Unidade de tecnologia de alimentos - UTAL da UFAC com a leitura das variáveis físicas Sólidos Totais, Turbidez e PH.

4. Resultados e Discussões

O presente trabalho já demonstra alguns ensaios de resultados a partir da abordagem geral sobre o tema, que envolve a base teórica, conceitual da pesquisa e de levantamento de dados sobre: Bacia hidrográfica, mapas da área de estudo, condições de uso e ocupação da terra e cidade, relevo predominante, clima e análise histórica de precipitação.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Tarauacá passou de pouco mais de 29 mil habitantes, em 2010, para 41.976 mil habitantes em 2018. Trata-se de um crescimento de pouco mais de 44% em menos de uma década, o que representa uma elevação na quantidade de habitantes em áreas propícias a inundação (fig 1).

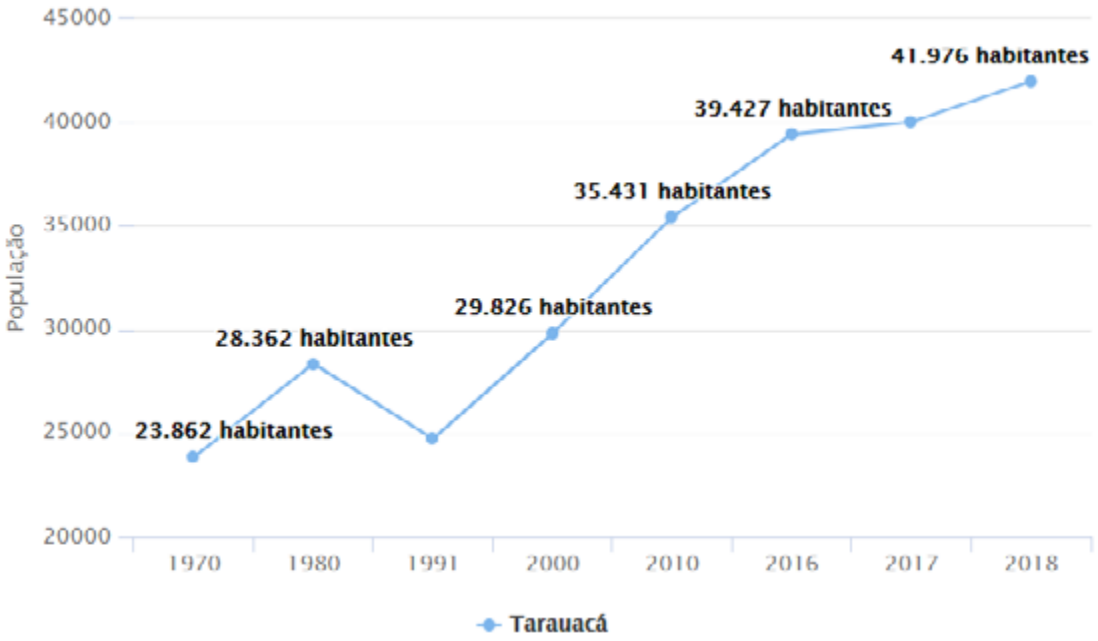


Figura 1: Evolução do quantitativo populacional de Tarauacá
Fonte: IBGE - Censo Demográfico; Atlas Brasil 2013 - Censo 2010 | Organizado por Datapedia.info - **Nota Técnica**: Dados oficiais do IBGE e estimativas publicadas em D.O.U.

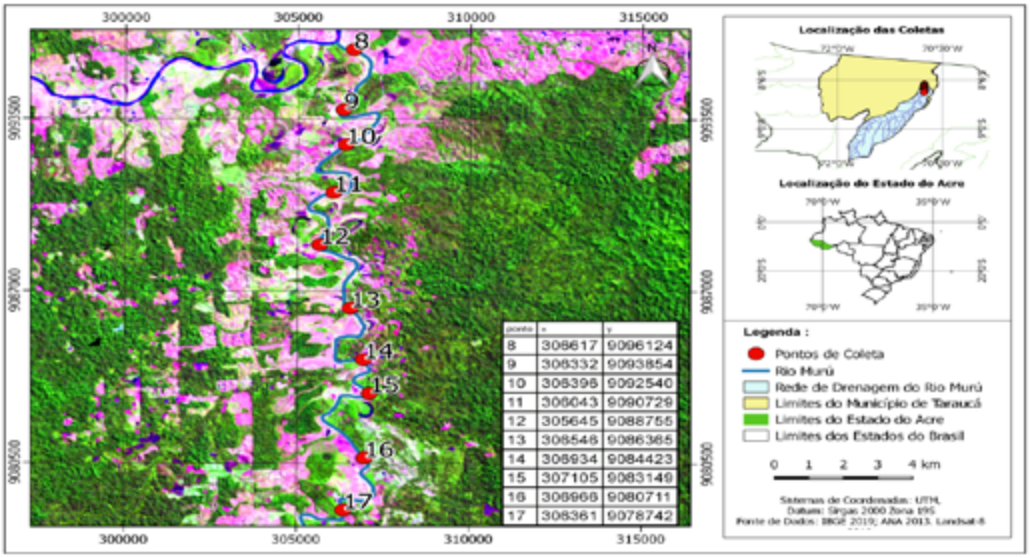
Nos últimos, inundações de grandes proporções foram registradas na região, sobretudo em 2015, onde de acordo com o portal G1 (MUNIZ, 2015) em um período de apenas 3 meses ocorreram 9 alagações, que atingiram pelo menos metade da cidade, o que implica uma maior atenção por se tratar de um processo que tem se tornado recorrente naquela cidade. Na figura 2 é possível observar parte da zona urbana de Tarauacá atingida por uma inundação no mês de dezembro de 2020.

Nesse ano de 2021, segundo dados da defesa municipal a inundação chegou a cobrir 86,3% da cidade, atingindo quase 35 mil pessoas sendo o pico da inundação no período de 14 a 19 de fevereiro. Os dados refletem a inundação que chegou mais de 10m na medição, sendo a cota de alerta em 8.5 metros. Esses dados se devem muito em relação ao crescimento desordenado da cidade principalmente em locais alagadiços, (Região periférica da cidade as margens do Rio) e com o assoreamento do canal fluvial o manancial chega a atingir mais pessoas.

O problema descrito, não tem o interesse de culpabilizar os rios, mas trazer outros vieses para a real adversidade das cheias na cidade, que estão ligados principalmente ao ordenamento do território, e consequente a formação da cidade as margens dos Rios, em locais de meandros abandonados e de leito excepcional dos rios, o que contribui para até mesmo pequenas alagações causem muitos problemas para a população.

Assim, o local da pesquisa é marcado pela atividade agropecuária, parte na cidade, que abriga agricultores e a população em geral a problemática é aliar a localização da cidade que metade está localizada em locais susceptíveis a inundações sabendo-se que no futuro ou até mesmo em pouco tempo pode ocorrer desmoronamentos de terras ou a acentuação da formação da erosão no local.

A análise preliminar das condições de uso e ocupação da terra na área de estudo apontam para um uso voltado para a agricultura de subsistência e para uso urbano. Porém, destaca-se que para uma análise de uso e ocupação da terra ainda se faz necessário a quantificação das classes de uso na área que compreende os pontos de coleta. A seguir alguns mapas e gráficos de resultados prévios do trabalho (fig. 2).



ponto	x	y
8	308617	9096124
9	308332	9093854
10	308396	9092540
11	308043	9090729
12	305645	9088755
13	308546	9086365
14	308934	9084423
15	307105	9083149
16	306966	9080711
17	308361	9078742

Figura 2: Condições de uso e ocupação da terra na área em estudo
Fonte: Autor, 2019.

O relevo da área em estudo é caracterizado por extensas áreas de superfície rebaixada e áreas alagadiças que margeiam os principais rios e igarapés da região. A diferença altimétrica na região de entorno da coleta dos pontos teve uma variação de 147 m a 200 metros.

A área em estudo é caracterizada pela presença de pastagem, principalmente nas áreas mais próximas ao perímetro urbano de Tarauacá. As informações de uso e ocupação da terra na área de estudo foram extraídas do programa Mapbiomas.

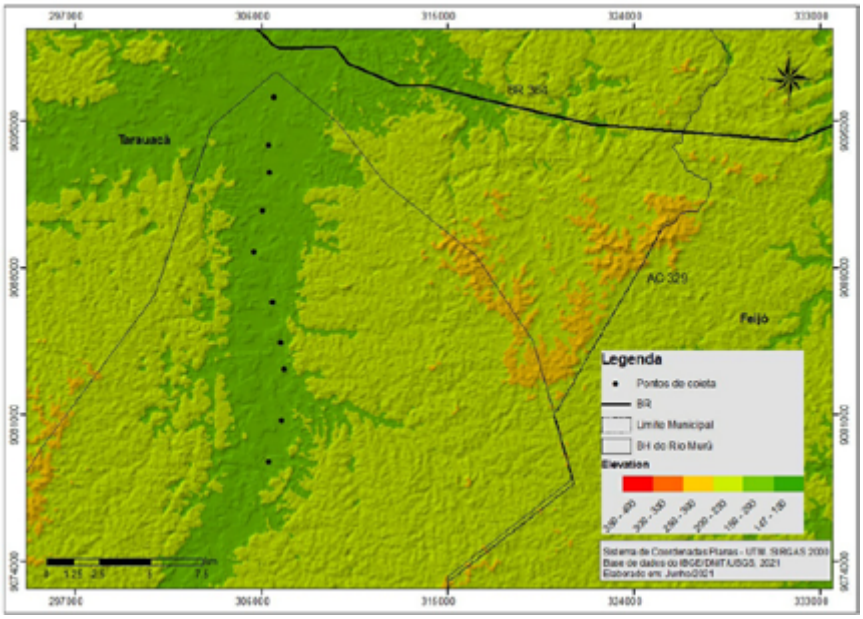


Figura 3: Hipsometria da região de estudo
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

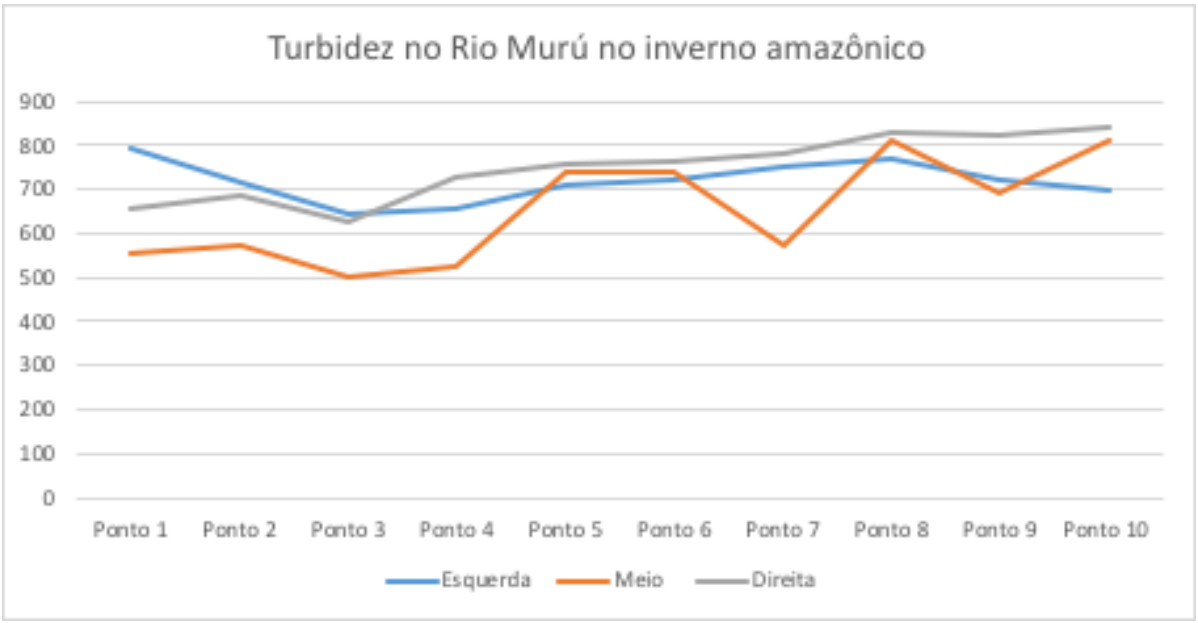


Figura 4: Dados de turbidez no rio Murú - Cheia
Fonte: Autor, 2021.

Percebe que há uma alta turbidez nas águas no Rio Murú, principalmente nos pontos mais afastados da cidade (Ponto 8, 9 e 10), isso tendencia a ser pelo tipo de uso da terra e por esta mais distante da cidade que apresenta uma presença maior de floresta, em locais próximo a cidade a turbidez tende a ser menor ate mesmo pela poluição do Rio e áreas desmatadas das margens. As amostras coletadas do lado direito do Rio apresentam uma continua elevação da turbidez do ponto 1 para o ponto 10. A margem esquerda apresenta uma diminuição do valor dessa variável, enquanto que o meio do rio apresenta valores crescentes do ponto 1 para o ponto 10.

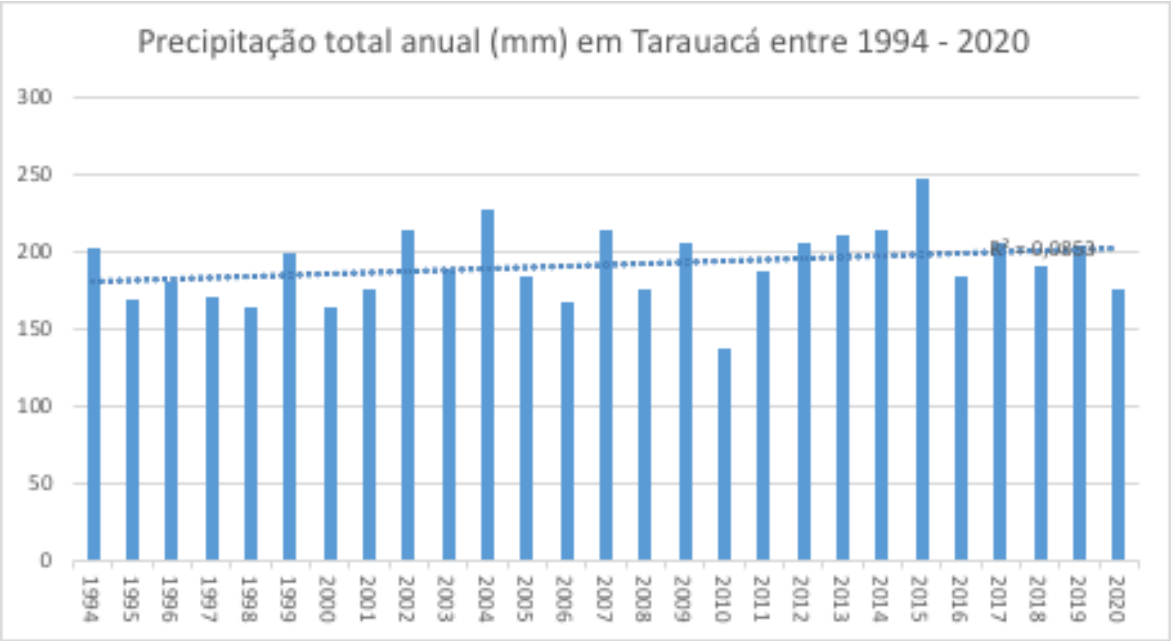


Figura 5: Precipitação total anual entre 1994 - 2020 no município de Tarauacá - AC.
Fonte: INMET, 2021. Organizado pelo autor, 2021.

Percebe-se na figura 16 que há um leve crescimento na tendência de chuvas para a região de Tarauacá no período analisado. Porém, é importante destacar que em uma análise mensal de chuvas, há meses que concentram uma quantidade de precipitação elevada, em contraste há meses com precipitação reduzida.

O coeficiente de determinação (R^2) encontrado no gráfico de precipitação total anual indica um valor de 0,0853, indicando este modelo linear não expressa confiança na explicação, ou seja, mesmo que haja uma leve tendência de crescimento de chuvas para a região expressa no gráfico, não há como afirmar que esse crescimento será mantido. No decorrer do trabalho será ainda realizado a inferência das máximas diárias e os dados somente do inverno amazônico.

Já no tocante as análises laboratoriais foram realizadas ainda de forma superficial, como turbidez, PH, Condutividade elétrica da água.

A discussão geral dos resultados está em fase de conclusão, cabendo no momento apresentar parte dos dados referente a pesquisa.

Referências

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Zoneamento Ecológico-econômico: recursos naturais e meio ambiente. Rio Branco: SECTMA, 2000. V.1

ACRE. Governo do Estado do Acre. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II (Escala 1:250.000): Documento Síntese. 2. Ed. Rio Branco: SEMA, 2010. 356p.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Bacia Amazônica**. Disponível em:

http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/amazonica.aspx Acesso em: 20 março 2021.

AMARAL, Ana Karolyna Nunes. **Estudo Hidrossedimentológico em Rios da Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte – Goiás**. 2019.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

CAVALCANTE, Mendes Luciana. **Aspectos Geológicos do estado do Acre e implicações na evolução da paisagem**, Rio Branco –Acre, Embrapa 2006.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher, Ed. Universidade de São Paulo, 1974.

COWEN, D. J.; JENSEN, J. R. Extraction and modeling of urban attributes using remote sensing technology. **People and Pixels**: Linking Remote Sensing and Social Science. 1998. 256 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SBCS. [Editores Técnico: SANTOS, H. G. et. al.]. – 2ª. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2006.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia:** Uma Atualização de Bases e Conceitos. Segunda Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 2019. Biomas. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/ Acesso em: 26 jun. 2021.

INMET, 2021. Mapa das estações. Disponível em: https://mapas.inmet.gov.br/ Acesso em: 20 jun. 2021.

MORAES, Isabel Cristina. Interferência do uso da terra nas inundações da área urbana do córrego da servidão, Rio Claro (SP). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.2, (Abr-Jun) p.187-200, 2012.

PENTEADO, Margarida Maria. **Fundamentos de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de janeiro: IBGE, 1978.

SANTOS, W.L. **Dinâmica Hidrogeomorfológica em Bacia de drenagem:** efeito do uso e ocupação da terra no sudoeste amazônico – acre – Brasil. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Instituto de Geociências: UFMG, 2013.

SANTOS, W. L. dos. SILVA, P. M; CRISÓSTOMO, C. A. **Análise da dinâmica hidrossedimentológica do médio rio Acre: investigação inicial do processo de assoreamento**. In. XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2019, Fortaleza. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Fortaleza: UFC, 2019. v. 01.

ANÁLISE DAS FORMAS DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE CAPÃO DO CIPÓ

Marinéli Moraes Gaberti
Universidade federal de Santa Maria
Av. Roraima nº 1000, CEP 97105900
E-mail: marinelemorais@hotmail.com
Fernanda Lampert Batista Facco
Universidade federal de Santa Maria
Av. Roraima nº 1000, CEP 97105900
E-mail: fe.batista97@gmail.com
Luíz Eduardo de Souza Robaina
Universidade federal de Santa Maria
Av. Roraima nº 1000, CEP 97105900
E-mail: lesrobaina@yahoo.com.br

Resumo

O intuito de entender o relevo e os processos naturais que ele abrange alinhado às suas consequências e limitações é extremamente relevante para realizar a caracterização geomorfológica da área de um município. Sendo assim, o entendimento dos processos e das formas encontradas auxiliam no entendimento das aptidões e limitações de uso do território. Neste contexto, através da utilização dos Sistemas de Informações Geográficas foram gerados os mapas: hiposométrico, declividade, morfométrico e de formas do relevo, promovendo uma interpretação da caracterização do município de Capão do Cipó. Auxiliando, desta forma, a compreensão e espacialização/representação do relevo presente no município através da definição das unidades morfológicas e/ou padrões de relevo, dentre os quais destacam-se: áreas planas, colinas suavemente onduladas, colinas fortemente onduladas e associação de morros e morrotes.

Palavras Chaves: Processos; Geomorfologia; Sistemas de Informações Geográficas.

1. Introdução

O relevo é formado pela ação dos processos naturais endógenos e exógenos, sendo um atributo importante para definir limitações e aptidões para o uso da terra. Desta forma, é importante analisar estes aspectos do relevo pois através das análises morfométricas, propiciou-se um melhor entendimento das dinâmicas superficiais dos locais, tendo em vista planejamento e gestão das mesmas.

Os problemas ambientais tornam-se evidentes a partir da transformação produzidas pelo acelerado processo de ocupação do espaço e apropriação dos recursos naturais pelo homem. Nessa visão, os estudos ambientais se fazem necessários para um melhor planejamento e manejo das áreas (NARDIN; ROBAINA, 2005). Essas medidas podem ser aproveitadas como um referencial para o planejamento ambiental e proposta de reestruturação regional, com o intuito de auxiliar a tomada de decisão de projetos envolvendo o uso de recursos físicos na região (SOARES; SOUZA, 2012).

O presente estudo tem como objetivo analisar e interpretar dados hipsométricos, de declividade e e as formas do relevo, promovendo uma interpretação da caracterização do município de Capão do Cipó. Este está localizado aproximadamente a 496 km da capital do Estado do Rio Grande do Sul, isso segundo os cálculos do DAER- Departamento Autônomo de Estradas e Rodagens, e limita-se com os seguintes municípios: Bossoroca (a Noroeste), Santiago (a Sul), São Miguel das Missões (a Norte) e Tupanciretã (a Sudeste) representado na figura 1.

A área em estudo está localizada na região Oeste do estado do Rio Grande do Sul, sendo limitada pelas coordenadas geográficas 28° 75’ 00’’ e 29° 20’ 00” de latitude Sul e 54° 42’ 00’’ e 54° 78’ 00” de longitude Oeste (Figura 1).

De acordo com os dados publicados pelo último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2010, o município possui 1.007,79 km2 de extensão, possuindo também uma população total de 3.104 habitantes (IBGE 2010), já no ano de 2020 estimava-se que existem cerca de 3.699 habitantes, sendo que, majoritariamente encontram-se na área rural, sendo sua densidade demográfica de 2,53 habitantes/Km^2.

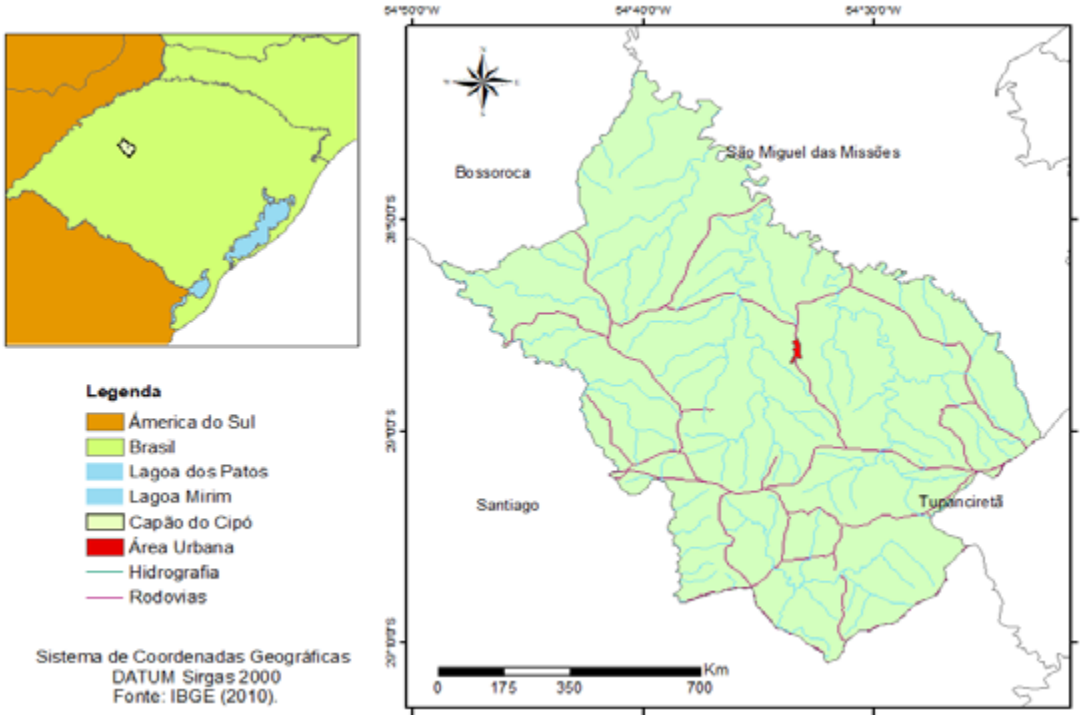


FIGURA 1: Mapa de Localização do Município de Capão do Cipó.
Fonte: Autores, 2021.

2. Metodologia

Para a elaboração dos mapas das formas de relevo de Capão do cipó, foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10.1.4, foi utilizado como Modelo digital de elevação (MDE) as Imagens de RADAR SRTM com resolução espacial de 90 metros. Para a realização da análise hipsométrica foi utilizado como MDE as Imagens de RADAR SRTM com resolução espacial de 90 metros, sobre o qual foi possível fazer a representação de cinco classes hipsométricas, através do método de quebras naturais *(Jenks)* do software ArcGis® 10.1.4 o que possibilitou a realização de cinco classes hipsométricas representadas nos seguintes intervalos de classes de altitudes (metros): 165 – 240; > 241 – 284; 285-324,> 325-361,>362-440, através do histograma de frequência realizado na interface do programa ArcGIS® 10.1, como pode ser observado na figura 2.

Após foi necessário fazer a correção e preenchimento dos *pixels* nulos, assim utilizou-se a ferramenta Reclassify do software ArcGis® 10.1, sempre de acordo com as classes que foram determinadas anteriormente. Por fim, a classificação das classes altimétricas retificadas, foram transformadas para o modelo vetorial, através da ferramenta *raster to polygon* do software ArcGis® 10.1, assim podendo fazer o agrupamento final em porcentagem e quilômetros quadrados.

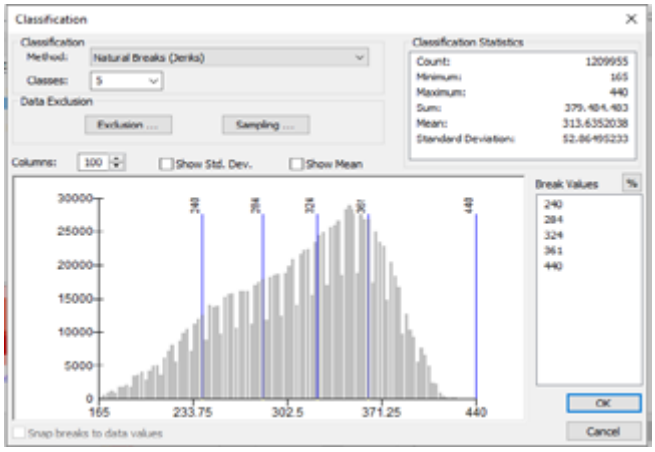


FIGURA 2: Interface do Usuário do *ArcGIS*® 10.1
Fonte: Autores, 2021.

O mapa de Declividade foi elaborado a partir da ferramenta *Slope* disponível no módulo *Spatial Analyst do ArcGiS 10.1,* tendo como base cartográfica as imagens ajustadas de RADAR SRTM com resolução de 90 metros.

Quanto às classes de declividade, foram usados como limites: < 2%; 2% - 5%; e > 15%, conforme propostas metodologias de compartimentação do relevo, definidas pelo IPT (1981). O limite de 2% representa áreas planas, que quando associadas a rede hidrográfica, os principais processos geomorfológicos estão ligados a inundação e deposição; o limite de 5% marca o início dos processos erosivos, enquanto 15% representa um limite onde movimentos de massa podem se constituir como processos em vertentes e, além disso, impedem a mecanização agrícola. O perfil topográfico é uma representação gráfica de um corte vertical do terreno segundo uma direção previamente escolhida. O traçado de perfis topográficos permitiu analisar a amplitude das vertentes em diferentes porções do município.

Para análise da forma das vertentes utilizou-se os parâmetros declividade, perfil e plano das vertentes podem ser definidas de forma simplificada como um elemento da superfície terrestre inclinado em relação à horizontal, que apresenta um gradiente e uma orientação no espaço (VELOSO, 2002). dessa forma, podem ser classificadas de acordo com a sua declividade e a sua curvatura no plano ou em perfil. As informações de declividades geradas a partir do MDE foram obtidas no presente trabalho por meio do polinômio de Horn (1981) e foram separadas em duas classes, cujo limite é de 5%.

O plano de curvatura da vertente refere-se ao caráter divergente/convergente do terreno, enquanto o perfil de curvatura está relacionado ao caráter convexo/côncavo do terreno, sendo decisiva na aceleração ou na desaceleração do fluxo da água sobre o mesmo, representado na figura 3. Ambos foram obtidos a partir do MDE, por meio do emprego do polinômio de Zevenbergen e Thorne (1987). O perfil das vertentes, em ambiente SIG, é analisado de acordo com o seu valor de curvatura (histograma de frequência) e, teoricamente, vertentes retilíneas têm valor de curvatura nulo, vertentes côncavas têm-nos positivos e convexas têm curvatura negativa (VALERIANO, 2003). Porém, vertentes com valores nulos são muito raras na natureza, assim muito pouco do que se julga retilíneo apresenta valor de curvatura realmente nulo, mas valores pertencentes a um intervalo de tolerância na vizinhança desse valor.

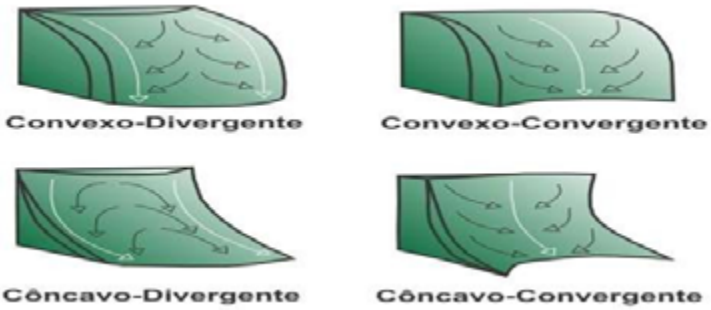


FIGURA 3: Representação dos perfis e planos de curvatura das vertentes, com a direção do fluxo superficial no perfil de curvatura e no plano de curvatura.
Fonte: KNIERIN, 2015, adaptado de HUGGET, 1975.

A definição da hierarquia fluvial da rede hidrográfica do município de Santiago, seguiu a proposta de classificação estabelecida por Strahler (1952, apud CHRISTOFOLETTI, 1980) em razão desta ser a que melhor descreve a composição da rede hidrográfica da área de estudo.

A definição das unidades de relevo, do município de Capão do Cipó, foi realizado com o intuito de individualizar as áreas com determinadas características de homogeneidade, considerando a análise combinada dos atributos morfométricos da área de estudo: hipsometria, declividade e comprimento das vertentes analisadas através de perfis topográficos.

Com base nisso, utilizou-se como base a proposta modificada de classificação do relevo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1981), conforme representa a Tabela 1, sendo essa proposta modificada e adaptada seguindo algumas particularidades do relevo da área de estudo.

TABELA 1

Classificação das unidades de relevo do município de Capão do Cipó/RS

Amplitude Altimétrica	Declividade	Formas do Relevo
<100 metros	<2%	Áreas planas
	2%-5%	Colinas Suavemente onduladas
>100 metros	5%-15%	Colinas Fortemente onduladas
	>15	Morros e Morrotes

Fonte: Adaptada do IPT (1981).

A elaboração do mapa de unidades de relevo do município de Santiago, realizou-se a partir do processo de vetorização manual, onde foram sobrepostos os *layers* dos mapas gerados.

3. Resultados

O primeiro parâmetro do terreno a ser analisado é a hipsometria, a sendo que a mesma é a espacialização de diferentes altitudes em relação aos oceanos, o município de Capão do Cipó possui as menores altimetrias registradas na região norte do município as quais tiveram uma variação em metros de 175 a 241

representando apenas 10,56% da área mapeada. Isso ocorre, pois, essa região do município está diretamente ligada a planície de inundação dos rios Icamaquã e Inhacapetum ocupando uma área de 11.385,87 ha.

As altitudes classificadas entre 241 e 285 m estão presente em uma área de 17,85% do total da área; já nas altitudes de 285 a 324 m de altitudes corresponde a 20,62% da área; nas altitudes de 324 a 361 m podemos destacar que ela abrange 26,67% da área; sendo que as maiores altitudes foram localizadas nas porções oeste e sul da área em estudo, com altimetrias que variam de 361 a 435m caracterizando 19,21% de toda a delimitação do município (FIGURA 4).

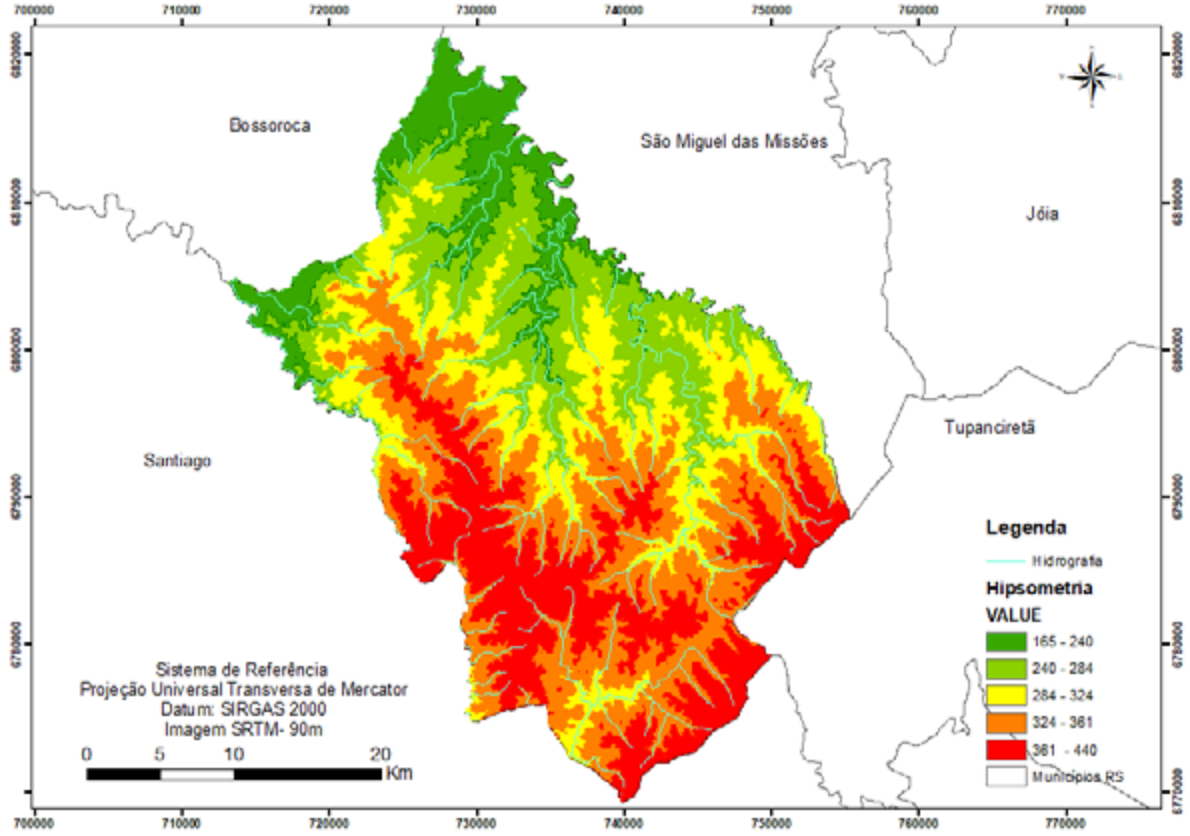


FIGURA 4: Hipsometria de Capão do Cipó.
Fonte: Autores, 2021.

3.1. Declividade

O intervalo de declividade menor que 2% ocorre próximo ao percurso dos arroios Lajeado Passo da Areia, Lajeado Passo da Corticeira e o Arroio Carovi, totalizando 12,49% da área em estudo. O relevo ondulado que caracteriza o município de Capão do Cipó é determinado pela predominância dos intervalos de declividade entre 2 e 5%, corresponde a 31,50% e a classe variando entre 5 e 15% que representa a maior abrangência na área de estudo com 53,23%. E por fim a classe com declividades maiores que 15% foi que menos teve abrangência dentro da área em estudo, registrando apenas 0,80%, localizado no extremo oeste, conforme pode ser identificado na figura 5.

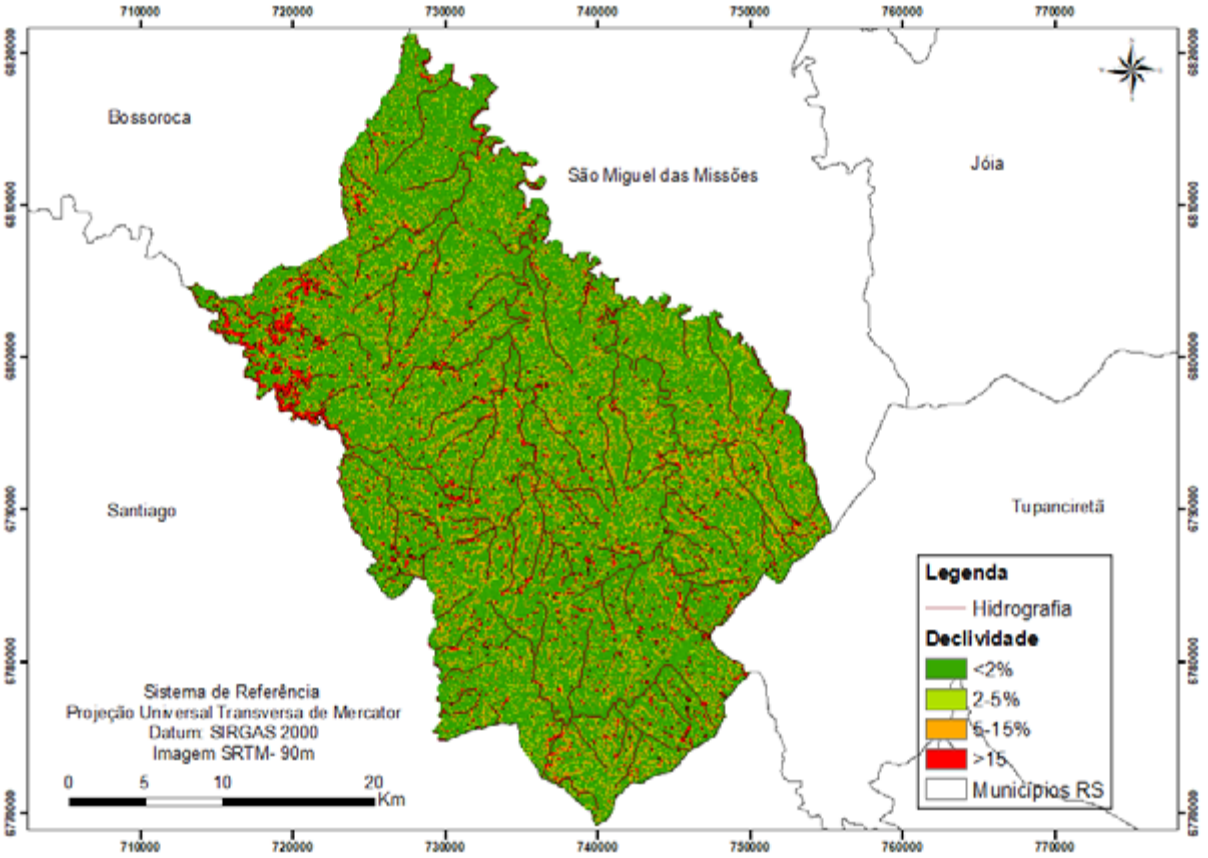


Figura 5: Declividade de Capão do Cipó
Fonte:Autores, 2021.

3.2. Curvatura das Vertentes em Plano e Perfil

As vertentes convergentes são representativas dos vales fluviais, portanto da baixa vertente onde os fluxos de água e matéria se concentram. Por outro lado, as vertentes divergentes são representativas da média e alta vertente onde os fluxos de água e matéria divergem. O leve predomínio dos tipos de vertentes convergentes explica a significativa densidade fluvial da área de estudo.

O predomínio de vertentes côncavas na área de estudo se justifica pelo grau de dissecação do relevo, figura 6, nascentes e ou cabeceiras de drenagem. Sendo as vertentes convexas representativas da média a alta vertente das formas de relevo em colinas, morrotes e morros onde os processos morfogenéticos são significativos.

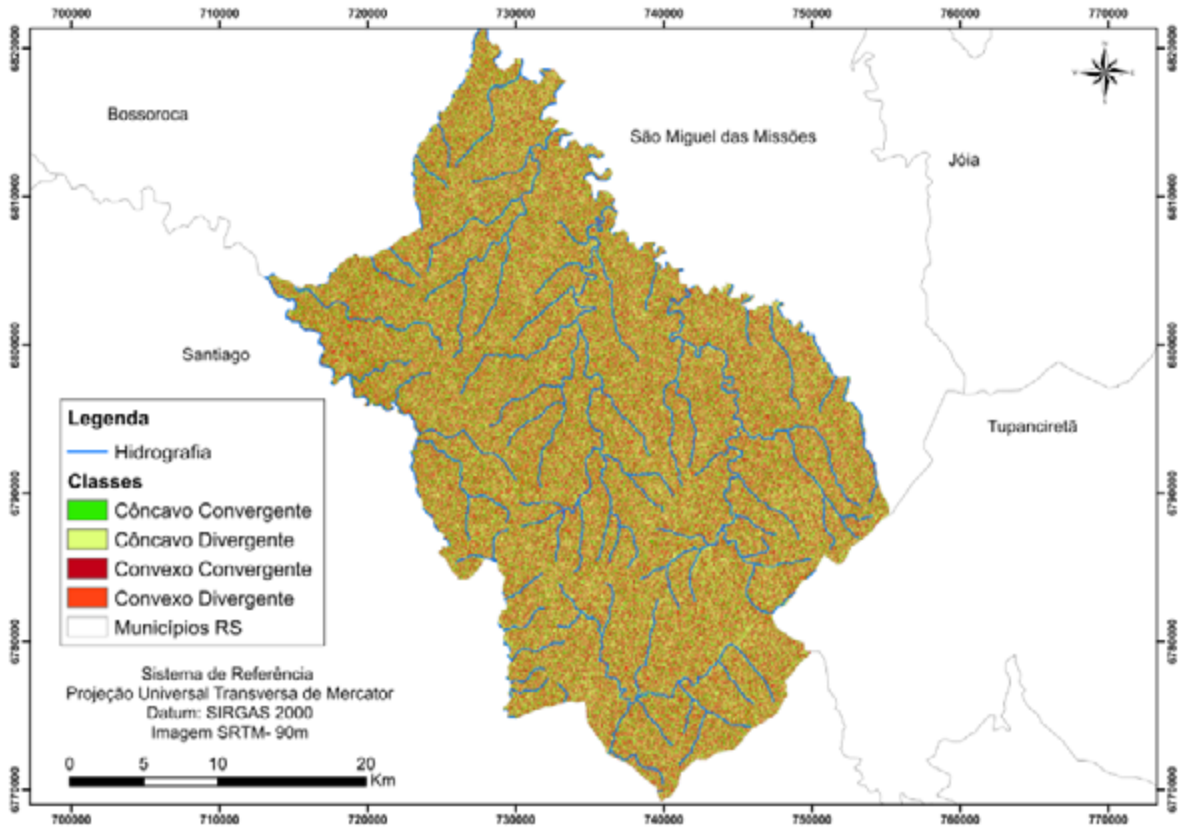


Figura 6: Curvatura Das Vertentes Em Plano E Perfil de Capão do Cipó
Fonte: Autores, 2021.

3.3. Unidades De Relevo

Através da análise de alguns parâmetros morfométricos do relevo, definiu-se as unidades morfológicas ou padrões de relevo e suas áreas com formas homogêneas do município (FIGURA 7).

Foram definidas quatro unidades de relevo, sendo elas:

Áreas Planas: Áreas que a declividade não ultrapassa 2% sendo comumente associada a planície de inundação de um local, entretanto não é impossível de localizar, essa unidade em topos de morro ou base de encosta, sendo se encontram em 17,32% do total do município.

Colinas suavemente Onduladas: São aquelas áreas que apresentam declividade entre 2 e 5% e altimetria de aproximadamente 45 metros. É nessa categoria que começam a aparecer voçorocas de pequeno porte, que se encontram em 41,68% do total do município.

Colinas Fortemente Onduladas: É uma unidade que fica maioritariamente entre as declividades 5 e 15%, sendo que é uma classe que possui limitações com relação a agricultura, ocupando uma porcentagem de 34,23% do total do município.

Associação de Morros e Morrotes: Essa unidade tem uma variabilidade de declividade, sendo que podem variar de 5 a 15%, ela é comumente associada a amplitudes que se aproximam de 100 metros, ocupando uma área de somente 6,77% do total do município.

Com relação a quantificação das classes, observamos que há predominância de colinas, tanto onduladas quanto levemente onduladas, sendo que estão distribuídas em quase toda área de estudos.

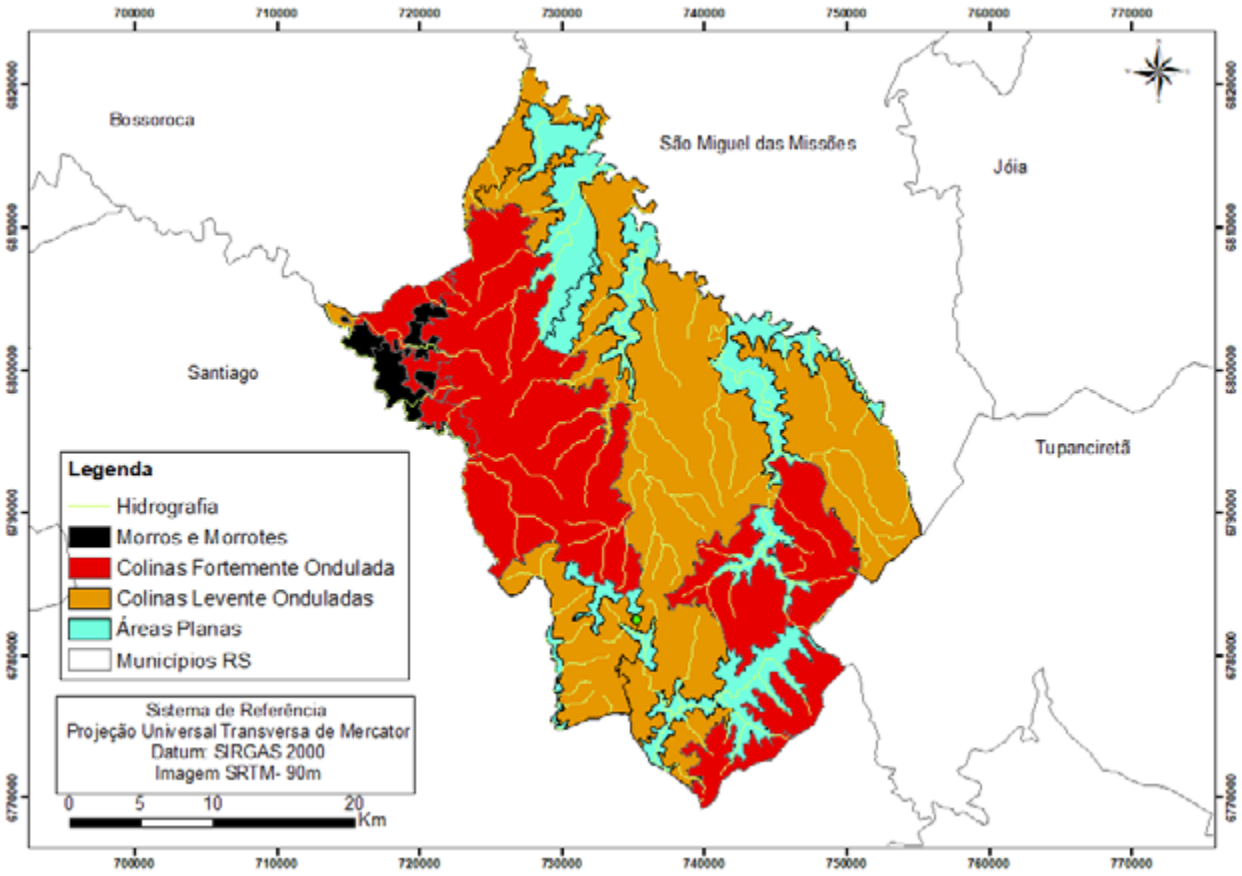


Figura 7: Formas do relevo do município de Capão do Cipó
Fonte: Autores, 2021**.**

4. Considerações Finais

A partir deste estudo foi possível realizar a identificação, geoespacialização e representação das diferentes formas e feições presentes no município de Capão do Cipó, RS. Esta caracterização servirá de apoio para pesquisas futuras que envolvem o desenvolvimento de processos naturais, onde serão analisadas, especializadas e caracterizadas 13 voçorocas presentes no município. Portanto, a pesquisa auxilia, pois, promove um melhor entendimento da dinâmica superficial do município.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

CHRISTOFOLETTI, A. **A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem.** Notícia Geomorfológica, v.21, n.42, p. 3-22, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia.** São Paulo: HucitecEdusp, p.106, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: Edgard Blücher, p.313, 1980. CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Büchler,1999.

DE NARDIN, D.; ROBAINA, L. E. D. S. Mapeamento de Unidades do Relevo no Oeste do RS: O Caso da Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatú. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada,** São Paulo, 2005.

HORN, B. K. P. **Hill shading and the reflectane map.** Proceedings of the IEEE, v. 01, n. 69, p. 14-47, 1981.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS**. IPT.** Página inicial. Disponível em: <http//www.ipt.br>Acesso em: 15 jun.2021.

SOARES, M. R. G. J; SOUZA J. L. M.; Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Revista Geografia**: Londrina, v. 21, n. 1, p. 019 – 036, jan/abr, 2012.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, 1952.Vol. 63, p. 1117-1142.

VALERIANO, M. M. **Mapeamento da declividade em microbacias com sistemas de informação geográfica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.303-310, 2003.

VELOSO, A. **A importância do estudo das vertentes**. Geographia, v. 4, n. 8, p 1-5, 2002.

ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE C. R. **Quantitative analysis of land surface topography**. Earth Surface Processes and Landforms, V.12, p.47-56, 1987.

ANÁLISE DAS PERDAS DE SOLOS PARA GESTÃO DE MANANCIAL DE ABASTECIMENTO URBANO: IVAIPORÃ, PARANÁ

Laine Milene Caraminan
Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA)
Programa de Pós-Graduação em Geografia (PGE)
Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Av. Colombo, 5.790 • Bloco 24 - Maringá – Paraná 87020-900
caraminanlaine@gmail.com
Eduardo Souza de Morais
Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA)
Departamento de Geografia (DGE)
Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Av. Colombo, 5.790 • Bloco 24 - Maringá - Paraná 87020-900
esmorais2@uem.br

Resumo

Este trabalho teve o objetivo de quantificar as perdas de solos na bacia hidrográfica do córrego Pindaúva, que é manancial de abastecimento urbano no município de Ivaiporã, Paraná. No estudo foi aplicada a Equação Universal de Perda de Solos para o ano de 2018. Os resultados obtidos evidenciam o predomínio da classe de perda de solo de 0-25 ton/ha.ano, definida como moderada, ocorrendo onde há os menores valores de LS e presença de vegetação. Secundariamente, há o contraste com áreas na bacia hidrográfica com perdas de solo >200 ton/ha.ano, definida como forte perda de solos, que ocorrem onde o valor do fator LS é maior e há cultura temporária. Medidas desenvolvidas para a gestão da bacia hidrográfica, como a recuperação de nascentes, podem ser direcionadas com a definição de áreas estratégicas a partir da estimativa de perdas de solos desenvolvida com este estudo.

Palavras-chave: Erosão do solo, EUPS, produção de sedimentos, córrego Pindaúva, áreas estratégicas.

1. Introdução

A erosão é um dos principais processos de degradação dos solos e como consequência, mencionam-se os impactos na geodiversidade, ecologia, agricultura e pecuária. A erosão do solo tem sido acelerada pelas práticas agropecuárias, especialmente pela não implementação de medidas adequadas de conservação do solo, como rotação de culturas, controle do escoamento através das curvas em nível e até mesmo, as práticas de agricultura em contornos (DIDONÉ et al., 2017). Além disso, os sedimentos provenientes dos processos de erosão dos solos comportam-se como poluentes, por exemplo, através das substâncias químicas adsorvidas, podendo aumentar os níveis de nitrogênio e fósforo e resultar na eutrofização dos corpos d'água (MORGAN, 2005). No caso de bacias hidrográficas que são mananciais de abastecimento público, o manejo do fluxo de sedimentos das vertentes até o canal exige ainda maior atenção.

A avaliação das implicações da erosão do solo requer a quantificação das perdas de solo e sedimentos em escalas regionais e locais, possibilitando a compreensão de diferentes cenários (DE VENTE et al., 2013). A prevenção da erosão do solo, o que significa reduzir as taxas de perdas de solo para aproximadamente o que ocorreria sob condições naturais, depende da seleção de estratégias apropriadas para a conservação do solo, e para tal, é necessário a compreensão dos processos erosivos (MORGAN, 2005; ALEWELL et al., 2019). Nesse sentido, modelagens físicas ou empíricas que predizem a erosão dos solos aplicadas às diversas escalas de análise podem ser utilizadas para identificar áreas críticas ou prioritárias (SANTOS; LORANDI, 2021), que constituirão bases para as iniciativas de caráter público ou privado, principalmente no que diz respeito ao planejamento e ordenamento do território.

A Equação de Perdas de Solos (EUPS) é uma modelagem paramétrica e empírica (WISCHMEIER e SMITH, 1978) que busca quantificar as perdas de solos através da interpretação dos mecanismos erosivos, incluindo suas causas e consequências (RISSO et al., 2005). Outro fato é que a aplicação da EUPS não se restringe a apenas uma escala de análise (município, região, bacia hidrográfica, parcela e outros). Entretanto, é observado frequentemente na comunidade científica que a quantificação de perdas de solos por meio EUPS concentra-se em bacias hidrográficas, com aplicações para diferentes ordens hierárquicas (SERIO et al., 2008; PAES et al., 2010; BATISTA et al., 2017). No estado do Paraná, trabalhos utilizando a EUPS em bacias hidrográficas de escalas espaciais mais ou menos detalhadas são encontrados em Prado e Nóbrega (2005), Tomazoni e Guimarães (2005), Stipp et al., (2011), Graça et al., (2015), Uema (2018), Fronza (2019) e outros.

Neste trabalho os objetivos foram quantificar a perda de solos e destacar a importância desta abordagem em uma bacia hidrográfica que é manancial de abastecimento público. O estudo abrange a bacia hidrográfica do córrego Pindaúva (BHCP), no município de Ivaiporã, Paraná, e avalia a perda de solo do ano de 2018. Além da importância do solo como recurso natural das atividades agrícolas do município, a captação de água próxima ao exutório da bacia hidrográfica torna ainda mais relevante a compreensão da dinâmica sedimentológica, para que esta possa ser aplicada ao manejo integrado dos recursos naturais.

2. Área de estudo

A BHCP possui uma área de 45,138 Km2, localiza-se no município de Ivaiporã, na mesorregião Norte Central do estado do Paraná e compõe a rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Ivaí, conforme a **Figura 1**.

É caracterizada por ser uma bacia hidrográfica de quarta ordem e ao todo, a bacia dispõe de 61 afluentes – canais de primeira ordem – que constituem funções relevantes e contribuem para a vazão da área, posto que é fonte de recursos para o abastecimento hídrico da população que reside na área urbana do distrito sede de Ivaiporã, estabelecendo-se como área de manancial.

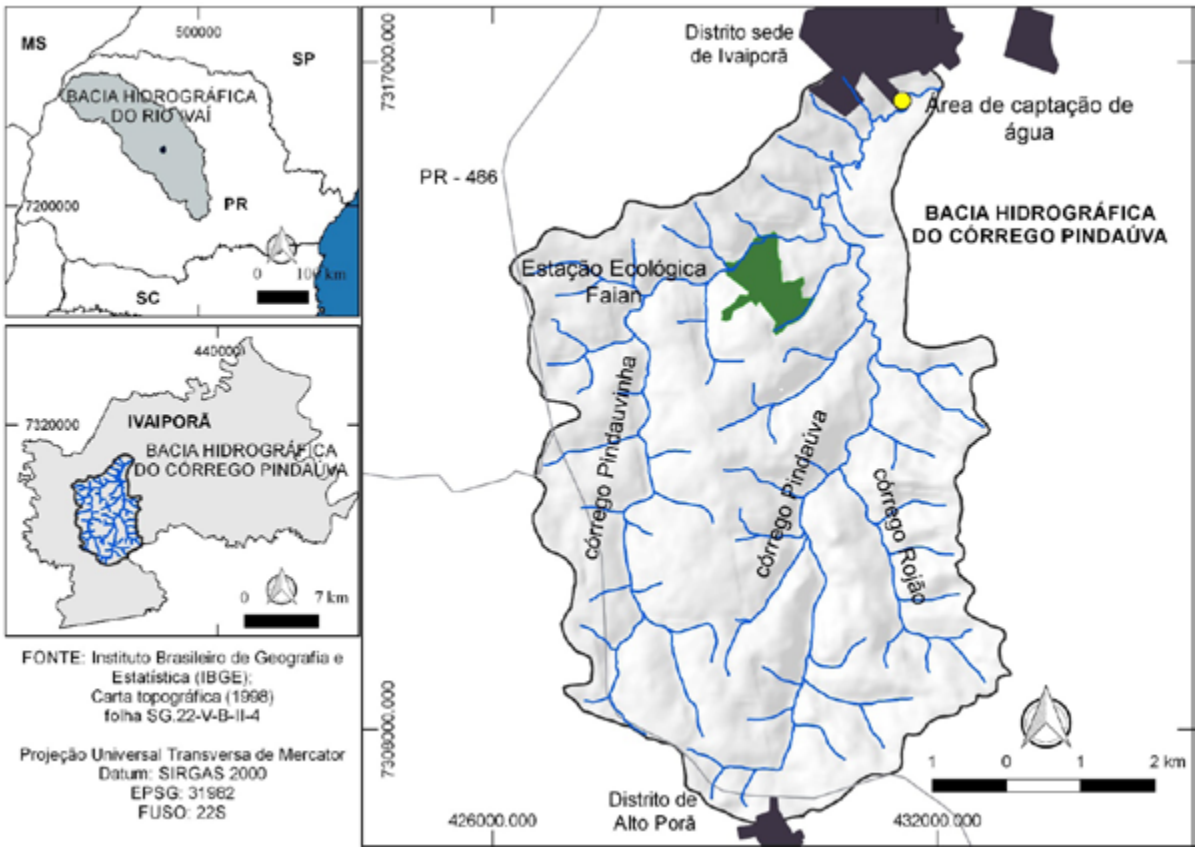


FIGURA 1. Localização da Bacia Hidrográfica do córrego Pindaúva, Ivaiporã, Paraná.
FONTE: Os Autores.

Na BHCP ocorrem as rochas ígneas da Formação Serra Geral e Membro Nova Prata, do Grupo São Bento, constituídas em sua maioria por basaltos pórfiros, dacitos, riodacitos e riolitos (MINEROPAR, 2001). O clima na área é classificado em Subtropical Quente (Cfa), de acordo com a classificação de Köppen (1918), com verões quentes e estação seca não definida. Segundo Nitsche et al., (2019) a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e no inverno as temperaturas podem ser inferiores aos 18°C, além da possibilidade de ocorrência de geadas. A precipitação média anual é de aproximadamente 2.000 mm.

A compartimentação geomorfológica da BHCP em um sistema hierárquico decrescente insere-se na unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, seguida da unidade morfoescultural Terceiro Planalto Paranaense e, mais detalhadamente, na subunidade morfoescutural Planalto de Pitanga/Ivaiporã (MINEROPAR, 2006). Na BHCP, a altitude varia entre 500 e 800 metros. Os valores máximos estão associados ao interflúvio da bacia, enquanto que os mínimos são observados a jusante da mesma.

Na BHCP, existem duas principais ordens de solos: os Latossolos Vermelhos e os Neossolos Litólicos. De maneira geral, a primeira ordem constitui-se de solos minerais com alto grau de intemperização, profundos e com boa capacidade de drenagem, caracterizados pela presença do horizonte B latossólico (Bw) (IBGE, 2015). A segunda ordem é caracterizada por solos minerais pouco espessos (entre 30 e 40cm de profundidade), com ausência de horizonte diagnóstico.

Quanto a fitogeografia, ocorre na BHCP a Floresta Estacional Semidecidual (FES). Nesta formação, é observada espécies de grande porte, com estrato arbóreo lenhoso, presença de sub-bosque em estágio de sucessão e também espécies emergentes, como é o caso da Peroba-Rosa (*Aspidosperma polyneuron*). Geralmente, essa formação é encontrada em áreas que apresentam inverno frio, onde há o repouso fisiológico e queda parcial das folhagens, caracterizando a semidecidualidade (COUTINHO, 2016). Apesar de não ser característica dessa formação, na BHCP é observada a presença das Araucárias (*Araucaria angustifolia*), devido ser uma área de transição fitogeográfica com a Floresta Ombrófila Mista (FOM).

3. Metodologia

A EUPS (Equação 1) do ano de 2018 foi realizada no Sistema de Informação Geográfica SPRING (CAMARA et al., 1996) com o uso da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), conforme a sistematização proposta por Tomazoni e Guimarães (2005). A EUPS e os respectivos fatores possuem resolução espacial de 10 metros e escala 1:50.000.

$$A=R*K*LS*C*P \quad (1)$$

Onde A é a Perda Anual de Solos em toneladas (ton) por hectare (ha); R é a erosividade das chuvas; K é a erodibilidade do solo; LS é o fator comprimento de rampa e declividade; C são os uso e manejo do solo e P são as práticas conservacionistas.

O fator R foi obtido através do estudo realizado por Waltrick et al., (2015), o qual estimaram a erosividade de chuvas no estado do Paraná, com dados pluviométricos entre 1986 a 2008.

Para o fator K foram utilizados os valores estabelecidos por Tomazoni e Guimarães (2005). Foi atribuída a cada ordem de solo (Latossolos e Neossolos) seus respectivos valores por meio da linguagem de programação LEGAL, gerando uma grade numérica com os valores.

O fator LS foi calculado em duas etapas: a primeira consistiu na obtenção do fator L (comprimento de rampa). Para isso, os interflúvios principais e secundários foram vetorizados e, posteriormente, gerou-se uma grade numérica retangular (MNT). Os interflúvios receberam um valor de 0, enquanto que a rede de drenagem foi utilizada como linha de quebra (valor máximo do comprimento da rampa).

Na segunda etapa foi realizado o cálculo do fator S (declividade). Foram vetorizadas as curvas de nível da carta topográfica IVAIPORÃ-S (folha SG.22-V--B-II-4) com escala 1:50000, disponibilizada no site do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG). Em seguida, utilizando as curvas de nível vetorizadas, foi gerada uma grade numérica triangular (TIN). A partir dessa grade, criou-se a grade retangular altimétrica, que serviu como entrada para a geração da declividade no comando MNT-Declividade, com a opção porcentagem. No LEGAL, foram inseridos os fatores L e S a partir da Equação 2.

$$LS=0,00984*L0,63*S1,18 \quad (2)$$

Onde LS é o fator topográfico, L é o comprimento da rampa e S é a declividade (%).

O mapeamento de uso e ocupação do solo na BHCP do ano de 2018 foi utilizado para o cálculo do fator C e P, além de subsidiar a interpretação da

dinâmica da paisagem. Os usos do solo identificados na BHCP para o ano de 2018 foram cultura temporária, área urbana, solo exposto, vegetação e água. A partir da identificação, foi possível atribuir os seus respectivos valores para os fatores C e P: cultura temporária (0,1376 e 0,5); área urbana (1 e 0,005); solo exposto (1 e 0,2); vegetação (0,001 e 0,04) e água (0 e 0), conforme observado em Tomazoni e Guimarães (2005).

O mapeamento de uso e ocupação do solo do ano de 2018 foi realizado com imagens do satélite CBERS-4, bandas 3R4G2B de resolução espacial 10 metros e a banda pancromática de 5 metros, do dia 19 de dezembro de 2018. Posteriormente, foi realizada a fusão das bandas (composição falsa cor e pancromática) no QGis, versão 2.18 (QGIS, 2019), obtendo imagem com resolução espacial de 5,5 metros. A segmentação do uso do solo foi realizada por meio da classificação orientada a objetos. Para a verificação dos elementos da paisagem foi realizado trabalho de campo na BHCP com observações e registros fotográficos. No programa LEGAL, os valores dos fatores C e P foram associadas ao uso e ocupação do solo por meio da ponderação das variáveis.

4. Resultados e Discussões

Para compreensão dos aspectos da paisagem considerados na quantificação da EUPS para à BHCP, serão apresentados os fatores da EUPS e as respectivas variações espaciais que possuem relevância para a produção de sedimentos.

O fator R anual de 9.682 MJ mm ha-1 h-1 ano-1 do município de Ivaiporã (WALTRICK et al., 2015) destaca-se como um dos mais elevados para a bacia hidrográfica do rio Ivaí. Apesar de haver no Paraná, diversos municípios com valores de erosividade ainda maiores (WALTRICK et al., 2015), o valor de erosividade de Ivaiporã, associado aos outros fatores da EUPS, torna-se relevante para a elevada produção de sedimentos da BHCP.

Os valores adotados para o fator K foram de 0,03 para os Latossolos Vermelhos e 0,11 para os Neossolos Litólicos (TOMAZONI E GUIMARÃES, 2005), conforme a **Figura 2**. Na BHCP, a ordem dos Latossolos Vermelhos abrange 80,74% da área. A ordem dos Neossolos Litólicos é encontrada em 19,76% da área total. A predominância da primeira ordem dos solos na BHCP reflete o uso intensivo dessas áreas para a agricultura, uma vez que são solos com textura argilosa a muito argilosa e apresentam baixa suscetibilidade a erosão (LARACH et al., 1984). No Levantamento de Reconhecimento de Solos do estado do Paraná (LARACH et al., 1984), foi considerada ausência de restrições quanto ao uso agrícola, com destaque para a aplicação de práticas conservacionistas nas áreas de abrangência.

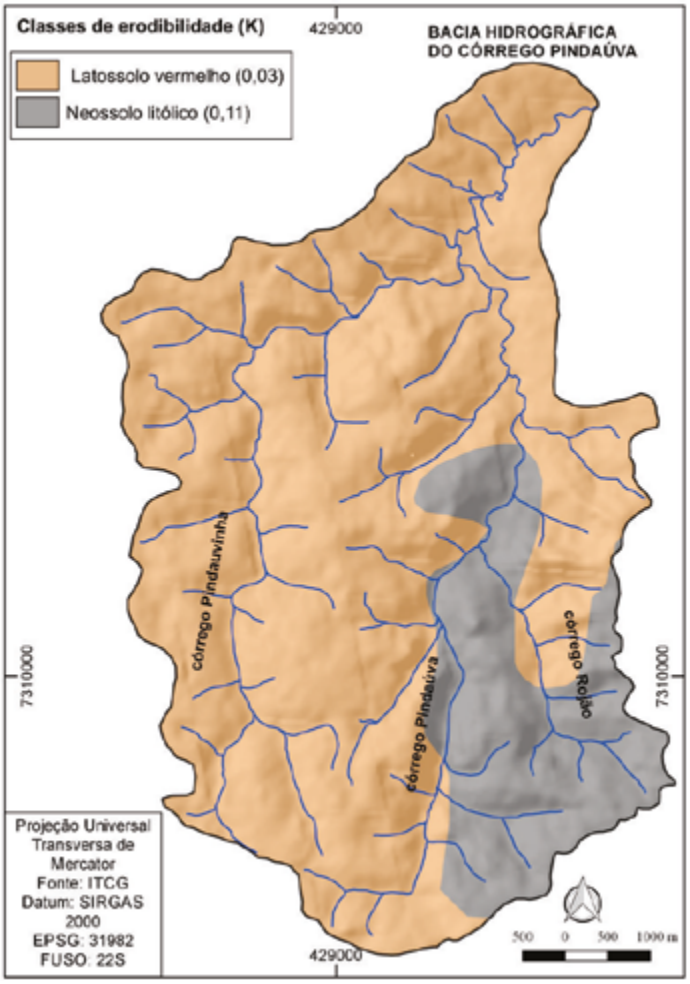


FIGURA 2. Mapa de erodibilidade da BHCP (fator K)
FONTE: Os Autores.

Por outro lado, a ordem dos Neossolos Litólicos apresenta alta restrição para uso agrícola, principalmente devido à dificuldade de mecanização e a forte suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos, devido principalmente suas características morfológicas e físicas, além de serem poucos profundos e estarem localizados, via de regra, em áreas com declividades acentuadas (CURCIO, BONNET e KACHAROUSK, 2020).

Para o fator L foram consideradas as classes 0-100 m, 100-200 m e 200-500 m de comprimento de rampa **(Figura 3A)**. A classe mais expressiva na bacia é da 0-100 m, abrangendo 69,55%, a classe 100-200 m possui 23,18% e a classe de menor representatividade na BHCP é a 200-500 m, a qual abrange apenas 7,27% da área total.

O fator S refere-se à declividade da área **(Figura 3B)**. Para tanto, na BHCP foi identificada quatro principais classes percentuais, sendo elas: 0-3, 3-8, 8-20 e de 20-45%. A classe 0-3% que caracteriza o relevo como plano, está localizada nas áreas de topos, com destaque para os interflúvios primários e também secundários da bacia. Além disso, essa classe também é encontrada nos fundos de vales, nas áreas das planícies de inundações dos córregos Pindaúva, Pindauvinha e Rojão. As planícies são encontradas no alto curso da BHCP, como também no baixo curso, onde é realizada a captação de água para o tratamento e abastecimento hídrico da área urbana de Ivaiporã. Essa classe de declividade está distribuída em 32,29% da área total.

A classe de declividade 3-8% (relevo suave ondulado) está situada em uma área de apenas 8,35% da BHCP **(Figura 3B)**. Esta classe é encontrada em poucas áreas das médias vertentes, com destaque para algumas cabeceiras de drenagem, com a incisão dos afluentes de primeira ordem dos principais córregos. Por outro lado, a classe de relevo ondulado (8-20%) apresenta-se com maior expressividade na bacia, compreendendo 49,35% da área. Esta classe predomina essencialmente nas médias e baixas vertentes. A classe 20-45% que caracteriza o relevo como forte ondulado, ocorre em apenas 10,01% da área. Essa classe estende-se principalmente na região sudeste e noroeste da BHCP, com destaque para as médias vertentes.

As características de inclinação do terreno, descritas para a BHCP, resultam na morfologia convexa que predomina em grande parte das vertentes, conforme verificado pela Mineropar (2006). Por outro lado, é interessante destacar que, o relevo da BHCP possui valores de declividade mais elevados que os valores descritos para o Planalto de Ivaiporã/Pitanga, apresentado também no mapeamento geomorfológico do Paraná da Mineropar (2006). Enquanto na bacia hidrográfica predomina a classe de 8-20%, no referido compartimento geomorfológico em que a BHCP está inserida, predomina a classe de declividade <6%. Isso demonstra a importância de que estudos geomorfológicos com escalas mais detalhadas devam ser empregados, ao menos, em áreas estratégicas.

O fator L juntamente com o fator S, compõem o fator topográfico **(Figura 3C)**. Para o cálculo do fator LS, foram adotadas três principais classes, com valores de 0-2, 2-4 e >4. A classe de 0-2 está situada nos topos e nas proximidades dos canais de drenagem da BHCP, indicando que nessas áreas há um menor potencial erosivo, quando comparado com a média e baixa vertente, isso porque, nessas áreas, foram observados os maiores valores do fator topográfico (2-4 e >4), indicando maior potencial erosivo **(Figura 3C)**.

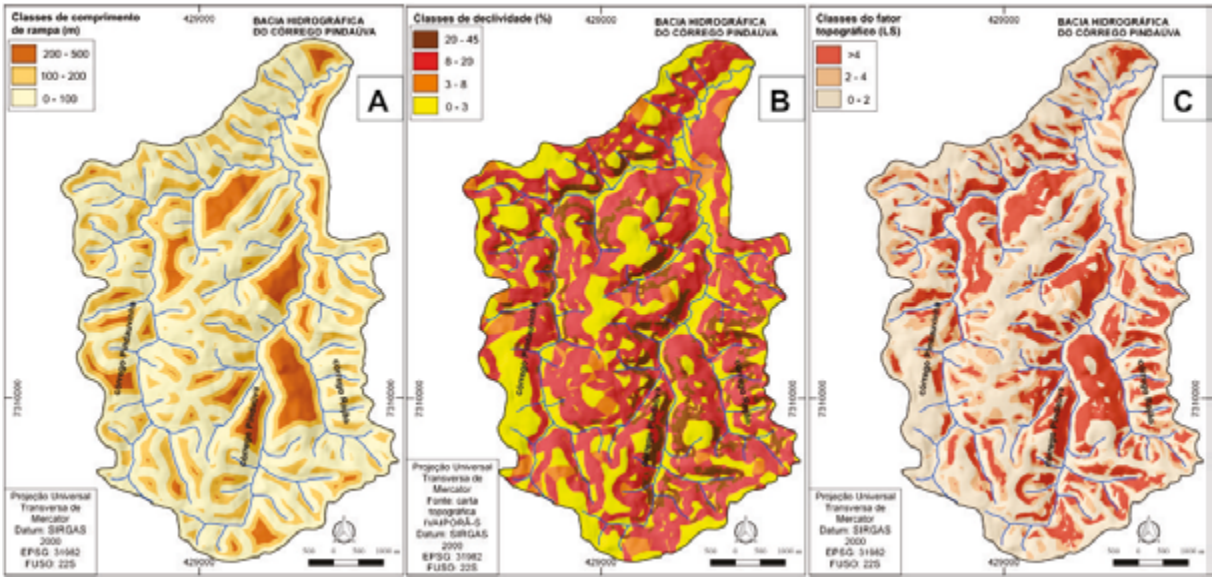


FIGURA 3: Mapa do comprimento de rampa (fator L) da BHCP **(A)**; Mapa de declividade (fator S) da BHCP **(B)**; Mapa do fator topográfico (LS) da BHCP **(C)**
FONTE: Os Autores.

De maneira geral, ao analisar a distribuição da declividade e do comprimento de rampa na BHCP, foi possível constatar que as áreas que tiveram os maiores valores do fator LS, apresentaram valores acentuados de declividade e tiveram os maiores comprimentos de rampa, situação que corrobora para o

aumento dos processos erosivos na área. No entanto, existem áreas na BHCP (leste e sudeste), principalmente nas proximidades dos canais de primeira ordem, que possuem as maiores declividades da bacia hidrográfica associados com os menores comprimentos de rampa. Essas áreas também apresentam os maiores valores do fator LS, indicando que provavelmente, a declividade seja o fator de maior influência, neste caso, no fator topográfico. Em estudos relacionados a quantificação da perda de solos em bacias hidrográficas, condições similares foram observadas, onde vertentes que apresentaram as maiores declividades também apresentaram os maiores valores de LS (RUTHES et al., 2013; SILVA et al., 2017; SOUZA e GALVANI, 2017).

O fator C, referente ao uso e manejo do solo foi estabelecido com base no uso e ocupação do solo para o ano de 2018 **(Figura 4)**. Ademais, o fator P (práticas conservacionistas) também foi atribuído de acordo com as atividades antrópicas na BHCP **(Figura 4)**. Para o ano de 2018, foram verificadas a presença de cinco classes de usos do solo, dentre elas: cultura temporária, área urbana, água, solo exposto e vegetação.

As classes da cultura temporária juntamente com solo exposto abrangem 77,96% da área da bacia. Essas classes foram agrupadas para o computo da área, devido serem sequências de pousio para a rotação das culturas temporárias, a exemplo da soja e milho ou soja e trigo. Os 22,04% restantes, estão distribuídos entre as classes área urbana, água e vegetação. A área urbana abrange 1,71% da área da BHCP. A classe água, que está associada as represas, ocorre em apenas 0,33% da área total da bacia. Por fim, a classe vegetação está distribuída em 20% da área BHCP, conforme a **Figura 4**.

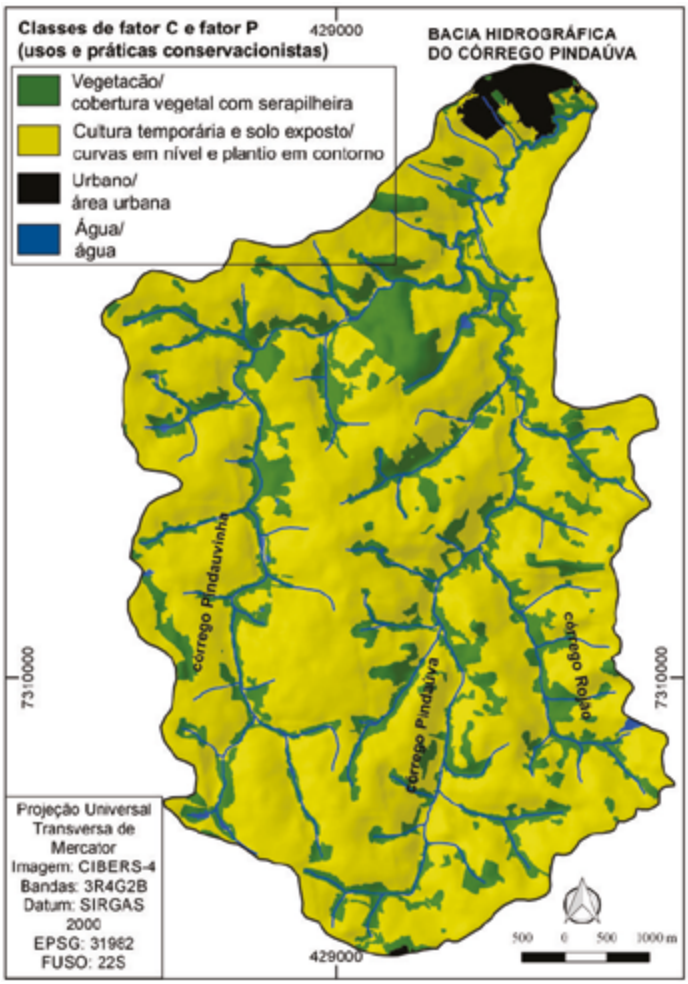


FIGURA 4. Mapa dos fatores C (uso e manejo) e P (práticas conservacionistas) da BHCP
FONTE: Os Autores.

Apesar da relevância da vegetação (fator C) por implicar em uma baixa produção de sedimentos, ressalta-se a função dessas áreas com potencial capacidade de retenção, mesmo que provisória, do fluxo de materiais pelas vertentes. Em observância ao Código Florestal, Lei 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), a bacia mantém uma faixa de mata ciliar considerável, sendo poucos os trechos ausentes ao longo da rede de drenagem (Áreas de Preservação Permanente). No entanto, são verificadas na BHCP áreas de mata ciliares que quando interceptadas por estradas secundárias, geram perturbações antrópicas, comprometendo o potencial de retenção de sedimentos, como é observado na mata ciliar de um dos afluentes do córrego Pindaúva, a jusante da confluência do córrego Pindaúva com o Pindauvinha.

Há também fragmentos florestais (reservas legais) conectados ou não à mata ciliar. Dentre estes fragmentos florestais, destaca-se a criação da Estação Ecológica Faian (inserida na BHCP), pela Lei Municipal 2.917, de 29 de dezembro de 2016 (IVAIPORÃ, 2016), transformando uma área de 73,5114 ha em Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). De acordo com a Prefeitura de Ivaiporã (2018), a Estação Ecológica Faian tem como objetivos a conservação da diversidade biológica, proteção dos recursos hídricos, manejo de recursos naturais, atividades de ecoturismo, educação ambiental e preservação das belezas cênicas e históricas, estando em acordo com o desenvolvimento de pesquisas científicas e fatores econômicos do município. Situações similares que afetam diretamente a dinâmica da paisagem, podem interferir na quantificação de perdas de solos a partir de modelagens empíricas como a EUPS, acarretando em expressivas variabilidades de classes em uma determinada área, como será apresentado a seguir.

A BHCP apresentou uma expressiva variabilidade da estimativa de perda de solo para o ano de 2018 **(Figura 5)**. A distribuição espacial ressalta que os valores na bacia hidrográfica se dividem principalmente entre as classes de mínima (0-25 ton) e máxima (>200 ton) perda de solo, com certa correspondência à morfologia convexa das vertentes.

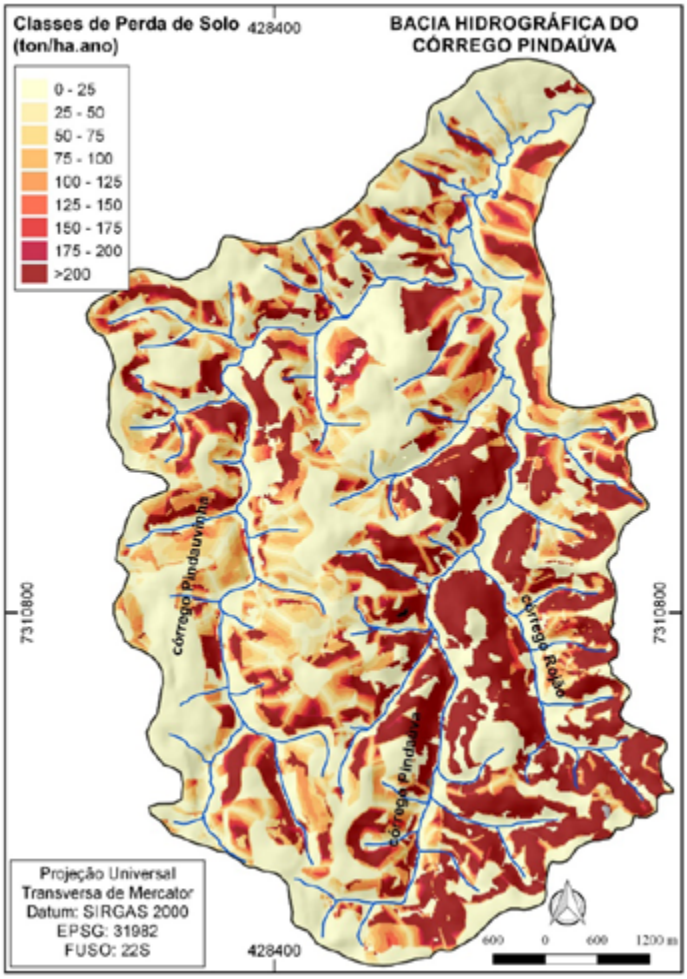


FIGURA 5. Perda de Solo na Bacia Hidrográfica do córrego Pindaúva, Ivaiporã, Paraná.
FONTE: Autores.

A classe de 0-25 ton/ha.ano abrange 49,81% da BHCP. Segundo a classificação para as perdas de solos proposta pela FAO (1967), essa classe enquadra-se como perda moderada e ocorre ao longo do interflúvio e próximo da rede de drenagem, onde o relevo possui menores percentuais de declividade e há a ordem dos Latossolos.

Seguidamente, a classe com maior abrangência é a de >200 ton/ha.ano, com 21,73%. Esta classe é caracterizada como uma perda de solos muito alta (FAO, 1967). Predominantemente, esta classe está localizada na porção central e leste/sudeste da BHCP, ou melhor, nas sub-bacias dos córregos Pindaúva e Rojão **(Figura 5).**

Nestas áreas, é observado o uso e ocupação pela cultura temporária, que apesar da implementação de práticas conservacionistas como o plantio em contorno, curvas em nível, sistema plantio direto, caixas de contenção e outros, apresentam alto potencial de degradação da qualidade do solo, principalmente pelas perdas de materiais que compõem os horizontes superficiais dos sistemas pedológicos.

Nas vertentes que possuem valores entre 8 e 20% de declividade, são verificadas as perdas de solo em 25-50, 50-75 e 75-100 ton/ha.ano **(Figura 5)**. Estas classes juntas, estão distribuídas zonalmente em 16,61 % da bacia. Nestas áreas, ocorrem predominantemente o uso e ocupação do solo pela cultura temporária, especialmente associada ao plantio da soja, milho e trigo.

As classes de 100-125, 125-150, 150-175 e 175-200 ton/ha.ano, distribuídas predominantemente nas transições das altas para a médias vertentes na BHCP, totalizando 11,85% e são classificadas como classes de alta perda de solo (FAO, 1967).

À área urbana próxima ao exutório possui os menores valores de estimativa de perdas de solos (Figura 5). Apesar da área não possuir um grande potencial para a produção de sedimentos, deve-se considerar que, a ausência ou a inadequada presença de infraestrutura da drenagem urbana, especialmente com relação aos dissipadores de energia, podem resultar em um severo incremento de sedimentos à BHCP.

De maneira geral, a BHCP apresenta predominantemente a ocorrência da classe de perda de solo moderada (FAO, 1967). Este resultado está de acordo com o mapeamento de vulnerabilidade geoambiental do Paraná, realizado por Santos et al., (2007), os quais explicitam que a subunidade morfoescutural Planalto do Pitanga/Ivaiporã apresenta baixa a moderada vulnerabilidade a erosão laminar e linear. Os autores consideram que nas áreas em que ocorrem as ordens do Cambissolos e dos Neossolos Litólicos, a vulnerabilidade a erosão pode ser moderada/alta. Essa consideração é assertiva para a porção leste/sudeste da BHCP, principalmente pela presença de solos rasos e declividades superiores aos 20%.

Trabalhos relacionados à compreensão das perdas de solos e vulnerabilidades geoambientais possibilitam recomendações quanto ao uso e ocupação dessas áreas. Nesse sentindo, Santos et al., (2007) apontaram recomendações para as áreas com baixa/moderada vulnerabilidade a erosão, abrangendo usos adequados para as áreas urbanas e rurais, associadas ao desenvolvimento de atividades industriais, comerciais e residenciais.

Iniciativas como o Projeto Cultivando Água Limpa, instituído pela Lei 2596, de fevereiro de 2015 (IVAIPORÃ, 2015) na BHCP, onde foram realizadas a recuperação da vegetação de 117 nascentes, podem contribuir com a retenção de sedimentos, além da melhoria da qualidade da água. Porém, medidas ecológicas de reflorestamento como estas podem ser ainda mais assertivas quando direcionadas para áreas estratégicas, neste caso, associadas ao maior potencial de perdas de solos e, portanto, vulneráveis a qualidade dos recursos hídricos. Deste modo, resultados obtidos com este estudo podem contribuir para um melhor direcionamento da gestão e recuperação da vegetação, pois dará ordenamento funcional de áreas prioritárias para a recuperação ecológica.

Ainda com relação à escala no emprego da EUPS, nota-se que alguns elementos da paisagem são um desafio para a representação da dinâmica de sedimentos. Isso decorre com a necessidade de generalização cartográfica, presente no uso do solo, pois não foram mapeadas áreas em escala de detalhe, como é o caso das pastagens e caixas de contenção (práticas conservacionistas), localizadas às margens das estradas secundárias. Nesse mesmo sentido, a base cartográfica utilizada para o mapeamento das ordens de solos com a escala 1:250.000 generalizou a existência de outras ordens, como é o caso provável dos Nitossolos e Gleissolos, que possuem valores de erodibilidade diferentes, e consequentemente, podem interferir nos valores de perdas de solos, bem como podem apresentar dinâmicas distintas frente aos processos erosivos. Deste modo, estes aspectos que contribuem ou limitam as perdas de solo devem ser considerados como desafios para futuras abordagens científicas, tal como os valores da EUPS considerados com parcimônia em razão do emprego da escala.

Considerações Finais

O estudo quantificou as perdas de solo do ano de 2018 em uma bacia hidrográfica no município de Ivaiporã, Paraná, que é manancial de abastecimento urbano. Essa abordagem destaca a importância de se considerar o fluxo de sedimentos para o manejo da bacia hidrográfica, principalmente, pelo potencial para orientar as áreas estratégicas para recuperação florestal.

Com a análise individual dos fatores da EUPS, foi possível compreender alguns aspectos: a erosividade, segmentos de relevo dissecado e o uso de cultura temporária são preponderantes para o potencial elevado de perda de solo. Dentre os fatores utilizados para a quantificação da EUPS, existem oportunidades e desafios para o entendimento dos processos erosivos na BHCP. Há necessidade de se conhecer a variação da intensidade dos eventos pluviométricos, detalhamento da escala do sistema pedológico e representação de outros elementos da paisagem, tais como estradas e caixas de contenção.

As áreas com elevado potencial de produção de sedimentos concentram-se nos segmentos da média vertente enquanto que os menores valores estimados se concentram nos topos e vales. Esse cenário implica que as perdas de solos por erosão laminar não sejam negligenciadas ou subestimadas nas atividades de manejo e práticas conservacionistas da bacia hidrográfica do córrego Pindaúva. Atividades de recuperação florestal desenvolvidas na bacia hidrográfica, principalmente em razão da importância como manancial de abastecimento público, podem tornarem-se mais assertivos com a incorporação destes resultados na definição de áreas estratégicas. De um modo geral, é necessário que políticas públicas incluam a avaliação da dinâmica sedimentológica de bacias hidrográficas para a preservação dos recursos naturais, desenvolvimento do agronegócio e a utilização dos recursos hídricos.

Referências

ALEWELL, C., BORRELLI, P., MEUSBURGER, K., PANAGOS, P. Using the USLE: chances, challenges and limitations of soil erosion modelling**. International Soil and Water Conservation Research,** v.7, p. 203-225, 2019.

BATISTA, P. V. G.; SILVA, M. L. N.; SILVA, B. P. C.; CURI, N. BUENO, I. T.; ACÉRBI JUNIOR, F. W.; DAVIES, J.; QUINTON, J. Modelling spatially distributed soil losses and sediment yield in the upper Grand River Basin – Bazil. Catena, v.157, p.139-150, 2017.

BRASIL. **Código Florestal**. Lei n° 12.651 de 25 de maio de 2012.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M. SPRING: integrating remote sensingand GIS by object-oriented data modelling. **Garrido J Computers & Graphics**. v.20, n.3, p.395-403, 1996.

COUTINHO, L. M. **Biomas Brasileiros**. São Paulo: Oficina de textos, 2016. 128p.

CURCIO, G. R.; BONNET, A.; KACHAROUSK, M. Neossolos Litólicos do Subplanalto de Cascavel: características e potencial de uso. **PronaSolos,** Curitiba, [2020?]. Disponível em: <http://www.pronasolos.pr.gov.br/pagina-20.html>. Acesso em: 03 jan. 2020.

De VENTE, J.; POESEN, J.; VERSTRAETEN, G.; GOVERS, G.; VANMAERCKE, M.; ROMPAEY, A. V. ARABKHEDRI, M.; BOIX-FAYOS, C. Predicting soil erosion and sediment yield at regional scales: Where do we stand?. **Earth-Science Reviews**, v.127, p.16-29, 2013.

DIDONÉ, E. J.; MINELLA, J. P. G.; EVRARD, O. Measuring and modelling soil erosion and sediment yields in a large cultivated catchment under no-till of Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.174, p.24-33, 2017.

FAO. **Food and Agricultura Organization. La erosion del suelo por el água. Algunas medidas para combatirla em las**

tierras de cultivo. Cuadernos agropecuário. Roma. Org. de Las Naciones Unidas – FAO, n. 81, 1967.

FRONZA, F. L. **Determinação do potencial erosivo do solo nas bacias dos rios São Francisco Falso e São Francisco Verdadeiro, região oeste do estado do Paraná.** 98f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

GRAÇA, C. H.; PASSIG, F. H.; KELNIAR, A. R.; PIZA, M. A.; CARVALHO, K. Q.; ARANTES, E. J. Multitemporal analysis of estimated soil loss for the river Mourão watershed, Paraná – Brasil. **Brazilian Journal Biology.** v.75, n.4, p.120-130, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia.** Rio de Janeiro, 134 p. 2015.

IVAIPORÃ. **Lei municipal.** Lei n° 2586 de 26 de fevereiro de 2015.

IVAIPORÃ. **Lei municipal.** Lei n° 2917 de 29 de dezembro de 2016.

KÖPPEN, W. Klassification der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Mitt**, v. 64, p. 193-203, 1918.

LARACH, J. O. I.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A. P. de; HOCHMÜLLER, D. P.; MARTINS, J. S.; RAUEN, M. de J.; FASOLO, P. J.; PÖTTER, R. O. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina: Embrapa/IAPAR, 1984.

MINEROPAR. **Atlas Geológico Do Estado Do Paraná**. Curitiba, 2001. 125p.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 63p.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3 ed. Massachusettis: Blackwell Publishing, 316p. 2005.

NITSCHE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná.** Londrina, PR: Instituto Agronômico do Paraná, 2019. 216p.

PAES, F. S.; DUPAS, F. A.; SILVA, F. G. B.; PEREIRA, J. C. D. Espacialização da perda de solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí (MG). **Geociências,** v.29, n.4, p.589-601, 2010.

PRADO, J. P. B.; NÓBREGA, M. T. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS). **Acta Science Technology**. v.27, n.1, p.33-42, 2005.

PREFEITURA DE IVAIPORÃ. **Prefeitura de Ivaiporã cria Estação Ecológica na Fazenda Caioá**. [S.l], 2018. Disponível em: <http://www.ivaipora.pr.gov.br/index.php?sessao=b054603368vfb0&id=1378527>. Acesso em 10 fev. 220.

QGIS Development Team (2019**). QGIS Geographic Information System.** Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acessado em: 01 fev. 2019.

RISSO, A.; REIS, L. G. de M.; DA PAZ, A. R.; LIMA, H. V. C.; Estimativa da produção de sedimento de forma distribuída usando a equação universal de perdas de solo (EUPS) e geoprocessamento: aplicação na bacia do Lago Guaíba (RS). In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2015. [S.l].

RUTHES, J. M.; TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E.; GOMES, T. C. Quantificação da Erosão Laminar na bacia do rio Catorze, Sudoeste do PR, através de técnicas de Geoinformação. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 4570-4577.

SANTOS, V. S.; LORANDI, R. Fragilidade ambiental e perda de solo em uma microbacia hidrográfica no Planalto dos Guimarães em Mato Grosso. **ACTA Geográfica,** v. 15, n. 38, p. 79-101, 2021.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALLI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v.37, n.4, p.812-820, 2007.

SERIO, J.; COSTA, C. A. G.; TEIXEIRA, A. S.; ORTEGA, E. Aplicação da usle e sig na caracterização de três micro bacias

hidrográficas no Brasil. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**. v.6, n.2, p.213-221, 2008.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; SALES, J. C. A.; LOURENÇO, R. W. Identificação de áreas com perdas de solo acima do tolerável usando NDVI para o cálculo do fator C da USLE. **Revista Ra'eGa,** v.42, p.72-85, 2017.

SOUZA, V.; GALVANI, E. Determinação do potencial natural à erosão laminar na bacia do rio Jacará Guaçú (SP). **Revista Ra'eGa**, v.39, p.8-23, 2017.

SOUZA, V.; GASPARETTO, N. Aplicação da equação universal de perda de solo (EUPS) na bacia hidrográfica do córrego Pinhalzinho Segundo, Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia,** v. 13, n3, 2012.

STIPP, N. A. F.; MENDONÇA, F. A.; CAMPOS, R. A. O potencial de erosão de uma bacia hidrográfica: utilização da Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) como ferramenta de gestão ambiental. **Revista (Geografia)**, v.20, n.2, p.29-51, 2011.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para a quantificação da erosão laminar na bacia do rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.57, p.235-244, 2005.

UEMA, D. Y. **Quantificação de perda de solos em bacia hidrográfica de primeira ordem: córrego Zaúna, Maringá-Paraná.** 101f. Dissertação de Mestrado (Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. M.; DIECKOW, J.; OLIVEIRA, D. Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados de 1986 a 2008. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.39, p. 256-267, 2015.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** Washington, DC: USDA, 1978, [S.l].

ANÁLISE EVOLUTIVA DA REDE DE DRENAGEM NAS PERIFERIAS DA SERRA DO CIPÓ, COM BASE EM TAXAS MÉDIAS DE INCISÃO FLUVIAL

João Vitor de Abreu e Castro
Universidade Federal de Ouro preto
Departamento de Geologia, Campus Morro Do Cruzeiro - Bauxita, Ouro Preto - MG, 35400-000
E-mail: joao.abreu1@aluno.ufop.edu.br
Cláudio Eduardo Lana
Universidade Federal de Ouro preto
Departamento de Geologia, Campus Morro Do Cruzeiro - Bauxita, Ouro Preto - MG, 35400-000
E-mail: claudiolana@ufop.edu.br

1. Apresentação

Atualmente, para regiões como o Quadrilátero Ferrífero, existem vários estudos do encaixamento de leitos fluviais relacionado ao tectonismo cenozoico, bem representativo em áreas de complexo arcabouço estrutural. Na periferia ocidental da Serra do Cipó – onde também há um evidente arcabouço estrutural fora da estrutura orogênica (orógeno Araçuaí) – são escassos estudos aprofundados, talvez pela complexidade estrutural ser inferior à do QF. Porém, perifericamente à serra, a drenagem também revela sinais de subsidência cenozoica e entalhamento (vales encaixados, blocos elevados influenciadores de incisão fluvial etc).

Análises em SIG dos padrões fluviais e cálculo de índices morfométricos (areais, lineares e hipsométricos) podem fornecer mais informações sobre origem e efeito da incisão fluvial na paisagem. Além dessas análises, pretende-se concatenar os resultados com informações geocronológicas e estratigráficas de depósitos sedimentares reliquiares, alçados em relação à drenagem atual. Então, é esperado compreender a velocidade da incisão e relacioná-la aos diferentes fenômenos climáticos e neotectônicos descritos na literatura.

2. Objetivos

Para compreender a incisão fluvial deve-se extrair as informações morfométricas da bacia do rio Cipó através de análise por SIG, seguindo os cálculos previstos na literatura.

Posteriormente, a interpretação dos dados ajudará a unir as informações estratigráficas e geocronológicas já obtidas em 5 depósitos antigos dentro da área. Logo, será possível definir a velocidade de incisão fluvial próximo a cada depósito desses, identificar zonas de potencial reativação de estruturas frágeis, e avaliar o papel da tectônica cenozoica sobre a reconfiguração geomorfológica da área.

3. Referencial Teórico

As referências utilizadas para este trabalho são artigos referentes à Serra do Espinhaço Meridional (serra do Cipó), estudos estes focados nas descrições geomorfológicas, geológicas e estruturais da região. Alguns autores, como Saadi (1995), focaram parte de seus estudos em descrever a evolução geomorfológica e sedimentar – principalmente no cenozoico – nas estruturas associadas à Serra do Espinhaço.

Além da pesquisa específica sobre a região, a busca de informações também foi feita em artigos relacionados à tectônica ressurgente no cráton São Francisco. Neste sentido, trabalhos como Almeida (1977), Maia (2011) e Bezerra (2001) merecem destaque por apresentarem a classificação das variações fluviais e geomorfológicas relacionadas ao tectonismo cenozoico nas principais estruturas deformacionais no domínio cratônico, faixas móveis e província mineral do Quadrilátero Ferrífero, como exemplo. Foram consultados também estudos sobre a neotectônica no Brasil, de forma geral, principalmente aqueles que focavam em drenagens afetadas pelo fenômeno.

Para as classificações e cálculos, de drenagem e bacia, Christofoletti (1988) apresenta uma boa síntese sobre caracterização geomorfológica fluvial, revisando contribuições de autores clássicos nessa temática, como Strahler, Schumm, Horton, Hack e Clarke (autores que também embasam este trabalho).

4. Proposta de Metodologia

A primeira etapa do estudo foi elaborar um banco de dados de referências específicas de trabalhos no Sul da Serra do Espinhaço, adentrando no universo de trabalhos citados no item 3 acima. Além da pesquisa específica sobre a região, a busca de informações também foi feita em artigos relacionados à neotectônica no cráton São Francisco.

A segunda etapa consiste na elaboração de mapas após o processamento de dados em SIG, obtendo importantes parâmetros geomorfológicos de forma numérica e visual, através de ferramentas de manipulação de modelos digitais de elevação (MDE). Esse tipo de mapa permite uma avaliação mais profunda sobre como variações bruscas de relevo podem estar relacionadas a anomalias nos cursos fluviais.

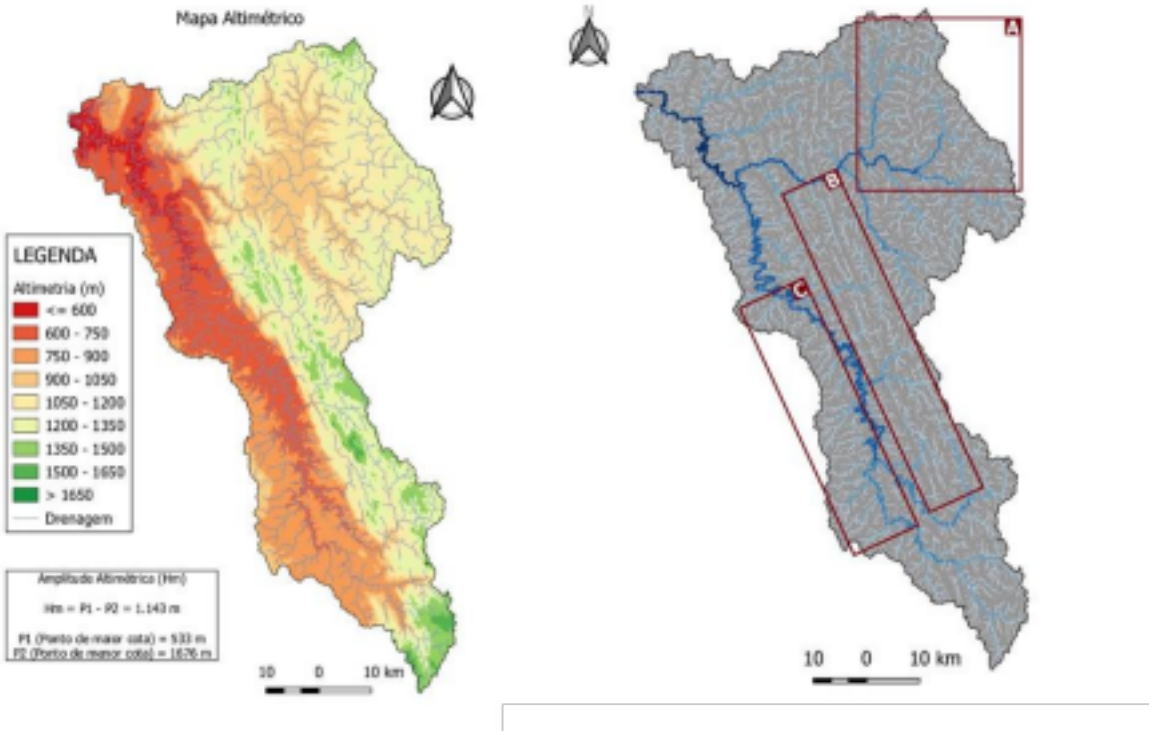


FIGURA 1: Exemplares de mapas processados em SIG. Na esquerda um mapa altimétrico e na direita um mapa destacando 3 padrões de drenagem da sub-bacia do Rio Cipó

Por fim, após a finalização da interpretação dos mapas e tabelas de índices, como exemplificado Tabela 1, o trabalho será finalizado com a análise desses dados à luz da localização e características morfossedimentares dos depósitos investigados preliminarmente por Lana (2010), sendo 5 deles atualmente detalhados do ponto de vista estratigráfico e geocronológico. Principalmente focando nos cálculos dos índices fortemente ligados à neotectônica - índice de Hack (1973), RFAV e FSTT (Cox 1994) - objetiva-se fornecer mais uma base de compreensão acerca dos depósitos acima mencionados, bem como dos processos responsáveis pelo entalhamento da rede de drenagem (Figura 2).

TABELA 1
Variáveis para cálculo do índice de razão entre fundo/altura do vale (RFAV)

Seção	Lfv (m)	Add (m)	Ade(m)	Efv(m)	RFAV
AA'	395,22	1301	771	550	**0,81**
BB'	211,02	1254	804	570	**0,46**
CC'	119	1269	749	600	**0,29**
DD'	184,46	1220	853	630	**0,45**
EE'	226,06	1165	846	650	**0,64**
FF'	72	1409	1056	670	**0,13**
GG'	54,37	1406	1041	700	**0,1**

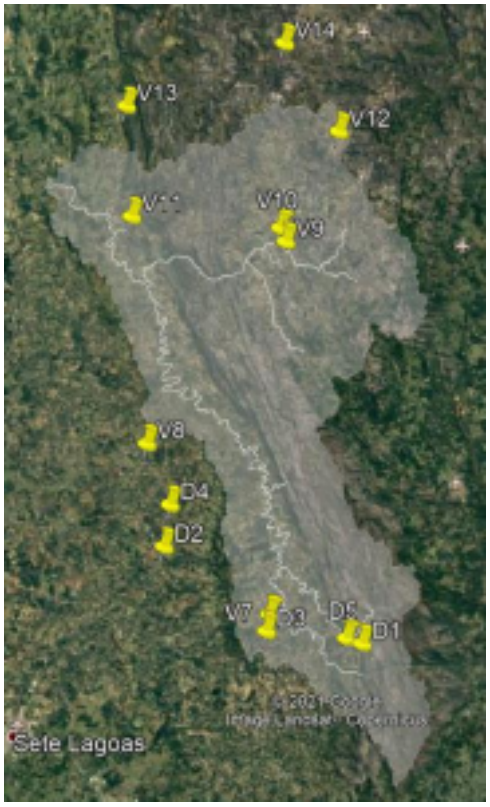


FIGURA 2: Pontos de interesse no estudo da neotectônica da região, determinados por Lana (2010)

5. Desafios e dificuldades

O primeiro obstáculo deste tipo de investigação é encontrar a melhor imagem de satélite para a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE). Com isso, é necessário despender um considerável tempo testando no software SIG imagens distintas em resoluções e origens, simulando nelas os cálculos de índices e geração de mapas a fim de se eleger a melhor.

Com o MDE em mãos, algumas das ferramentas de geoprocessamento fluvial em SIG requerem uma série de ajustes "finos". O refino dos resultados só é atingido após execução em série de uma mesma ferramenta, alterando seus parâmetros um por vez, a cada execução, assim retardando a obtenção dos resultados.

6. Resultados esperados

A união dos resultados morfométricos da bacia, com as informações pontuais já estudadas em trabalhos anteriores é o foco do estudo. Espera-se comprovar que o alçamento dos depósitos já estudados pode estar ligado à

tectônica cenozóica, a partir da reativação de estruturas frágeis do entorno, que poderiam ser evidenciadas nos vários índices que serão calculados. Após essa provável comprovação, será possível debater melhor quais processos geomorfológicos de alteração de paisagem nos arredores da serra transcorreram na Era cenozóica, em especial o entalhamento fluvial do terreno.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Claudio Eduardo Lana pela ajuda no desenvolvimento da pesquisa, bem como a todos os outros colegas do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto envolvidos neste projeto.

Referências

BEZERRA, F. H. R *et al.* Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, n. 1, p. 61-75, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. Editora Blucher, Rio Claro, 1988.

COX, R. T., Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment. **Geological society of america bulletin**, Columbia, v. 106, n. 5, p. 571-581, 1994.

DE ALMEIDA, F. F. M. O cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de geociências**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.

HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **Journal of Research of the us Geological Survey**, Washington, D. C., v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

LANA, C. E., Influência de Níveis de Base nas características morfossedimentares das bacias dos rios das Velhas e Jequitaí (MG). 2010. 227 f. **Tese (doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais)** – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R., Neotectônica, geomorfologia e sistemas fluviais: Uma análise preliminar do contexto nordestino. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 37-46, 2011.

SAADI, Allaoua. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Geonomos,** Belo Horizonte, 1995.

ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CAIOCA, SOBRAL – CE

Clélia Ferreira Rodrigues
Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA
Junco, CEP: 62030000 – Sobral, CE
E-mail: cleliarodrigues2015@gmail.com
Noélia André Diniz
Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA
Junco, CEP: 62030000 – Sobral, CE
E-mail: noelia5dinniz@gmail.com
Ernane Cortez Lima
Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA
Junco, CEP: 62030000 – Sobral, CE
E-mail: ernane_cortez@uvanet.br

Resumo

Os estudos em bacias hidrográficas vêm ganhando destaque nas últimas décadas, destacando principalmente pesquisas relacionadas as transformações que foram motivadas pelo processo histórico de uso e ocupação da terra. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise geomorfológica da sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca. O suporte metodológico é pautado na análise geossistêmica, fundamentada por Bertrand (1972) e na proposta de análise geomorfológica de Souza (2000). De acordo com a classificação de Souza (2000), foram identificadas três unidades geomorfológicas a) Depressão Sertaneja; b) Inselbergs e c) Planície Fluvial. A análise geomorfológica da sub-bacia, proporcionou identificar os aspectos que poderão contribuir para novos estudos relacionados ao seu potencial de uso e ocupação, suas limitações e sua vulnerabilidade resultante do processo antrópico.

Palavras-chave: bacias hidrográficas, unidades geomorfológicas, ação antrópica.

1. Introdução

Evidentemente, a forma como o ser humano apropria-se da natureza prejudica diretamente e/ou indiretamente na estrutura socioeconômica de uma determinada área, e essa nova organização socioeconômica facilitará para modificar ainda mais as condições ambientais existentes, se fazendo necessário, continuamente, de uma compreensão dessas transformações.

Nesse sentido, procurar compreender o acontecimento é antes de tudo, sugerir uma ação preventiva daquilo que poderá uma vez ou outra provocar um dano de maior escala tanto na estrutura social como na ambiental.

Lima (2004), destaca que "a intensa utilização dos recursos naturais pelo homem pode acarretar impactos no meio ambiente, por isso, que em decorrência dessa exploração acentuada dos recursos naturais, tornam-se importantes os estudos nessas áreas." Tais recursos possuem seus limites, sendo necessário propor algumas medidas para amenizar ou diminuir os impactos provocados pela ação antrópica que resultou na descaracterização da paisagem.

De acordo com Lima (2012), "nos últimos anos tem havido uma grande preocupação com o meio ambiente, tendo como consequência uma ampliação e ao mesmo tempo um significativo desenvolvimento das ciências que tratam das questões ambientais." Isso ocorre por causa da intensa degradação ambiental dos recursos naturais que têm alcançado proporções em nível mundial.

Dessa forma, pode-se observar que os sistemas ambientais são compostos por diversos elementos que se relacionam entre si, dotados de potencialidades e limitações especificas. Em diversos lugares, pode-se identificar fortemente a degradação devido ao uso desordenado dos recursos naturais, principalmente a partir das práticas agrícolas e de extrativismo vegetal.

Bertrand (1972) analisa o geossistema como fundamento para os estudos ambientais, este resulta da combinação do potencial ecológico (clima, hidrologia, geomorfologia), da exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e da ação antrópica. Além disso, considera a paisagem como "resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em constante evolução" (BERTRAND, 1972, P.141-152)

Para Troppmair e Galina (2006) concluem que o Geossistema é um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem. No entanto, a ação antrópica só poderá ocorrer pequenas alterações no sistema, afetando algumas de suas características, porém estes serão perceptíveis apenas em microescalas e nunca com tal intensidade que o Geossistema seja totalmente transformado, descaracterizado.

Nesse cenário, percebe-se que nos últimos anos o estudo dos geossistemas tem ganhado importância e aplicação crescente, entre outros objetivos, procura a conservação o uso racional e o desenvolvimento do espaço geográfico beneficiando toda biosfera, em especial, a sociedade humana.

Segundo Souza (2005), "a análise geomorfológica de bacias hidrográficas é fundamental para o reconhecimento das transformações decorrentes do processo histórico de uso e ocupação da terra."

Em relação a bacia hidrográfica Lima (2020) destaca que "o enquadramento de bacias hidrográficas é primordial do ponto de vista econômico e social, sobretudo quando se refere aos monitoramentos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos do nordeste brasileiro."

Trentin et al. (2012) analisa que os "estudos geomorfológicos podem contribuir no planejamento e na conservação dos recursos naturais, sem alterar bruscamente o equilíbrio do ecossistema." Ainda conforme o autor, estes estudos permitiram ainda a "análise espaço-temporal dos processos atuantes no modelado do relevo terrestre, possibilitando a identificação ou a prevenção de processos de degradação ambiental que achem relacionados aos elementos físicos."

Dessa forma, no presente trabalho tem-se como objetivo geral fazer uma análise geomorfológica da sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca, Sobral – CE. Assim, utilizou-se o método geossistêmico, voltado para os estudos geográficos, pois o mesmo possibilita uma análise de maneira interligada, e se tratando de bacias hidrográficas, onde possui diversos atributos concebíveis o geossistema é visto como imprescindível.

2. Localização da área de estudo

A sub-bacia em estudo possui uma área de aproximadamente 790km2, localiza-se no noroeste do Estado do Ceará, ocupando cerca de 5,48% da Bacia Hidrográfica do Acaraú. Inserida dentro dos limites do município de Sobral e Forquilha, a sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca abrange as localidades de Baía, Tuína, Patriarca, Caioca e Trapiá. (Figura 1)

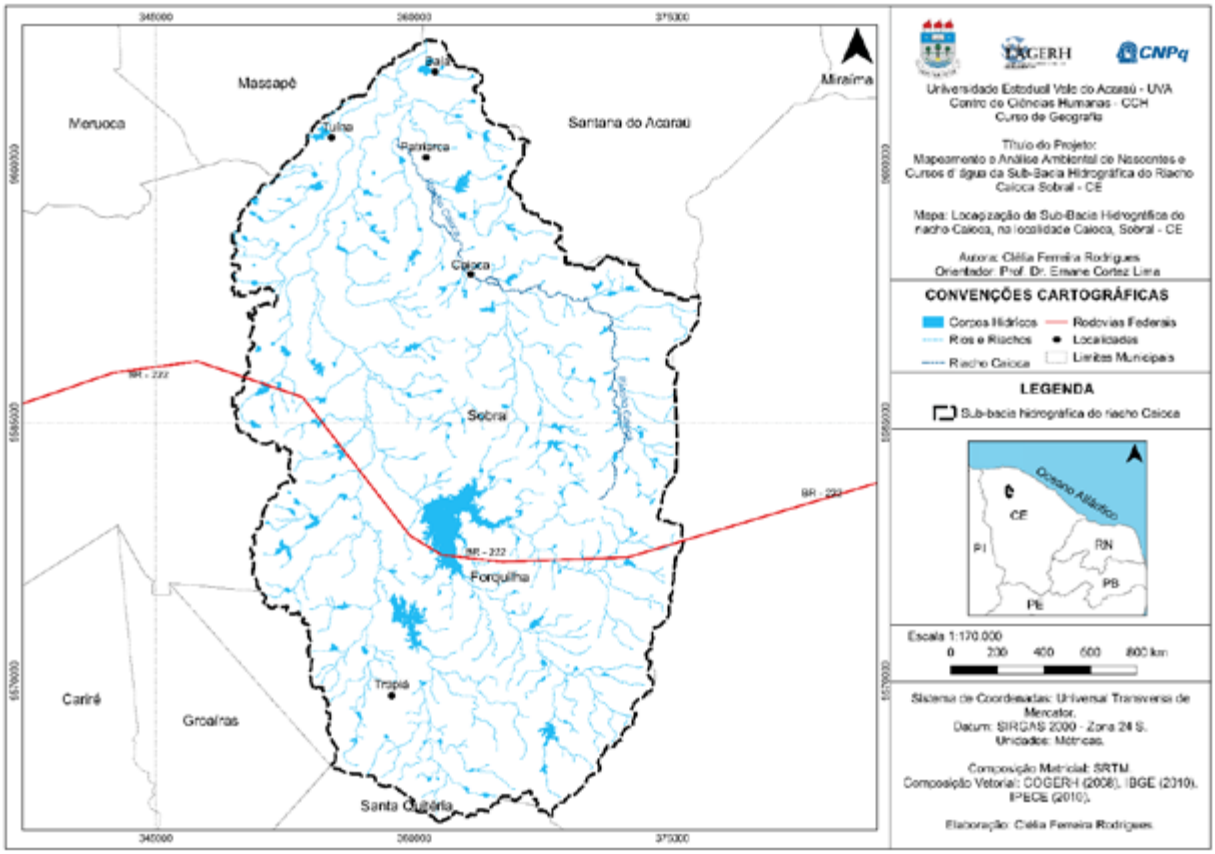


FIGURA 1: Localização da área de estudo.
Fonte: Rodrigues, 2020.

3. Metodologia

Esta pesquisa está ancorada na análise geossistêmica, onde estes estudos buscam analisar de maneira integrada as variáveis ou os elementos que compõem um sistema e suas interconexões, suas perdas e ganhos de energia e matéria.

Para a realização desta pesquisa se fez necessário o estudo incialmente de gabinete, onde buscou na literatura autores que trabalham com o geossistema, como pesquisadores Bertrand (1972), Tricart (1977), Troppmair (1985). Partindo de o pressuposto do trabalho ser executado em uma sub-bacia hidrográfica para isso a colaboração de autores como Lima (2004,2012 e 2020) foi essencial. E por fim, para chegar-se ao objetivo da pesquisa, ou seja, a compartimentação geomorfológica fez-se um apanhado a partir da ajuda metodológica de Souza et al. (1979) e Trentin et al. (2012).

Essa primeira etapa consistiu exatamente no levantamento de materiais bibliográficos e geocartográfico, que foram essenciais para o auxílio da segunda etapa que se baseou no trabalho de campo. Além do mais, a produção cartográfica básica foi confeccionada no SIGs Quantum Gis, versão 2.18, a escolha deu-se exatamente por ser um software gratuito e de fácil manipulação, com isso a interpretação de imagens de satélite, Landsat 8, disponíveis no catálogo de imagem do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram basilares para realizar essa etapa e contribuir satisfatoriamente com o andamento da pesquisa.

Para a realização da análise geomorfológica da sub-bacia do riacho Caioca, utilizou-se a metodologia de Souza et al. (1979), que fez uma compartimentação do Estado do Ceará, usando dados topográficos, resultando sua pesquisa em nove unidades, mas a área de estudo apenas três unidades foram identificadas, Depressão Sertaneja, Inselbergues e Planície Fluvial.

Portanto, o presente trabalho fundamenta-se na concepção geossistêmica que é teoricamente justificada na Teoria Geral dos Sistemas (TGS), a qual é baseada nas relações mútuas entre componentes, procurando analisar os fenômenos fundamentalmente através da organização e das inter-relações entre os elementos que o compõem.

4. Resultados e discussões

De acordo com Trentin et al. (2012), o estudo das formas de relevo norteia-se como objeto de estudo da geomorfologia, tanto referente aos aspectos de gênese como evolução destas formas. Todavia, o relevo por mais que pareça estático, ele está em constante processo de evolução, com velocidades variadas, e interagindo a todo momento com os demais componentes da paisagem.

Em concordância com o autor citado, considera que as formas do relevo não são componentes independentes na paisagem e, consequentemente, a sua evolução também não é. De acordo com Barros et al. (2016), "para entender a evolução da forma de relevo de uma determinada área, torna-se necessário considerar as características geológicas, climáticas, pedológicas e biológicas da respectiva área, bem como a ação antrópica, pois p homem também é um componente do meio e um agente modificador de extrema atuação."

Dessa forma, compreende-se que a paisagem não é uma simples adição de elementos geográficos especializados. Conforme Bertrand (1972), "a paisagem é o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpetua evolução."

Neste sentido, para realizar a compartimentação geomorfológica da sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca utilizou-se a metodologia de Souza et al. (1979), onde o mesmo realiza a compartimentação topográfica do Estado do Ceará em nove unidades, morfoestrutural e escultural, sendo que na área em estudo encontrou-se apenas três das unidades por ele descrita, são elas: Depressão Sertaneja, Inselbergue e Planície Fluvial. Para termos interpretativos, o mapa confeccionado no Qgis 2.18 evidência e mostra com precisão onde se encontra essas formas de relevo elencadas. (Figura 2)

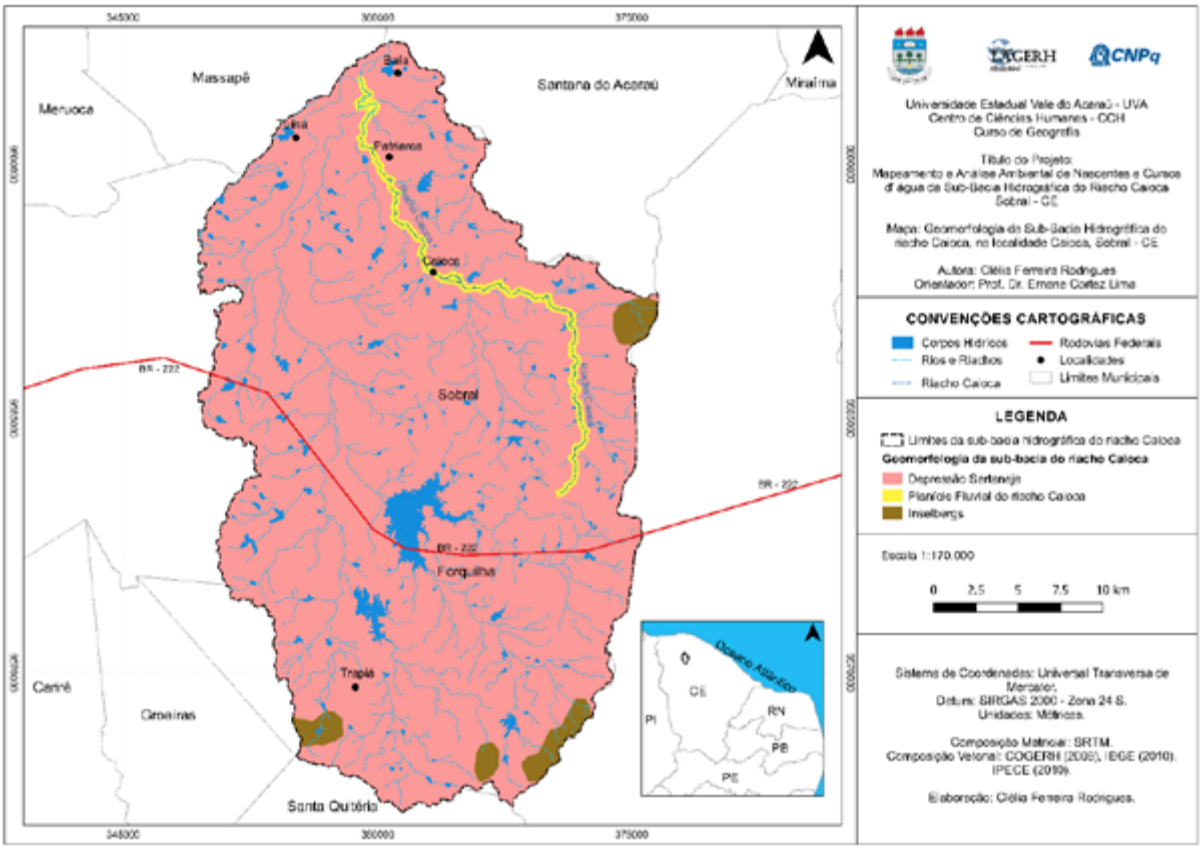


FIGURA 2: Compartimentação das unidades geomorfológicas da sub-bacia do riacho Caioca.
Fonte: Rodrigues, 2020.

Souza et al. (1979) compreende Depressão Sertaneja em termos de extensão geográfica, a unidade de maior expressividade, representa uma superfície embutida, entre planaltos cristalinos e/ou sedimentares, com níveis altimétricos variáveis entre 100 e 350 m, com topografia expressivamente aplainada ou ligeiramente ondulada e recoberta por caatingas de porte e flora bastante diferenciáveis, conforme a localização.

Inselbergue, de acordo com o autor supracitado, são formas disseminadas pela a depressão sertaneja que efetivam os efeitos seletivos de trabalho erosivo no decorrer da história geológica recente da região. São geralmente áreas despidas de solo ou vegetação e quando a pedogênese se efetiva, conduz à formação de solos litólicos, recobertos por uma caatinga de porte arbustivo.

A Planície Fluvial, conforme o autor, representam típicas formas de deposição fluvial que por oferecerem melhores condições de utilização agrícola, contrastam com os setores interfluviais com solos mais limitativos para aquele tipo de uso. Dentre estas planícies as mais expressivas foram formadas pelos Rios Jaguaribe, Banabuiu, Salgado, Acaraú, Aracatiaçu, dentre outros. Transversalmente, podem ser observadas nestas planícies, setores bem homogêneos e claramente identificados: A vazante compreende basicamente o talvegue e o leito menor do rio, podendo ser submetido a cheias periódicas.

É importante salientar que apesar das planícies fluviais constituírem pequenos compartimentos de relevos de disposição longitudinal as possibilidades que oferecem às atividades agrícolas, conferem às mesmas, importância das mais significativas. Na área de estudo a mesma está representada pelo riacho Caioca e seus tributários favorecendo a distribuição populacional ao longo do seu curso

A figura 3 mostra de maneira esquemática a síntese da caracterização dos componentes geomorfológicos encontrados na sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca através do perfil longitudinal do riacho Caioca na direção Norte-Sul.

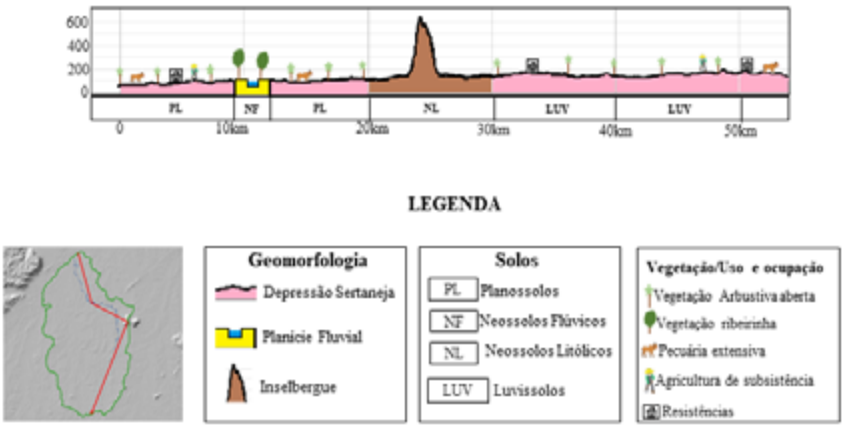


FIGURA 3: Perfil longitudinal do riacho Caioca, Sobral - CE
Fonte: Rodrigues.

No quadro 1, pode-se observar a caracterização com uma visão representativa dessas unidades geomorfológicas da sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca.

QUADRO 1
Síntese das unidades morfoesculturais da sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca

	Unidades Geomorfológicas	Feições Morfológicas	Características Específicas
	Depressão Sertaneja	Superfície de aplainamento-sertões do riacho Caioca	Formas deprimidas com superfície erodidas planas e/ou ligeiramente dissecadas
	Inselbergues	Serras secas do complexo granítico do corrente	Formas residuais dissecadas
	Planície Fluvial	Planície fluvial do riacho Caioca	Formas de acumulação

Fonte: adaptado de Costa (2015).

Portanto, a sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca encontra-se como um relevante sistema ambiental, contudo ao passar dos anos, vem sofrendo com as ações humanas, como a intensificação do uso e ocupação do solo.

5. Conclusão

O presente trabalho procurou demonstrar as diferentes unidades geomorfológica contidas na sub-bacia hidrográfica do riacho Caioca, assim como apresentar detalhes relativos a essa sub-bacia inserida no semiárido nordestino.

A partir da metodologia utilizada, sistematizada na análise geossistêmica e dos resultados alcançados, foi possível analisar de uma maneira integrada os elementos encontrados na área de estudo, percebeu-se que a área possui uma rica diversidade em seu meio físico-natural e apresentou diferenciações nos seus aspectos sociais e naturais.

A análise geomorfológica da sub-bacia do riacho Caioca, demostra que no médio curso da sub-bacia apresentou um maior índice de ação antrópica na área, devido seu favorecimento no barramento das águas superficiais e a construção de reservatórios, facilitando o desenvolvimento das atividades sócio-econômicas da área, com o uso intensivo do solo, em parte pela agricultura através dos perímetros irrigados e em parte pela ocupação urbana. Além disso, no baixo curso do riacho apresenta um relevo aplainado com atividades de pecuária e agricultura de várzea.

Dessa forma, considera-se que a compartimentação geomorfológica pode ser uma ferramenta relevante para analisar a degradação ambiental, além de ser um auxilio metodológico riquíssimo para o planejamento ambiental, destaca-se que a análise ambiental é indispensável e primordial para se realizar tais estudos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico – CNPq pela a bolsa de pesquisa.

Referências

BARROS, R. O.; LIMA, E. C. Compartimentação geomorfológica da sub-bacia hidrográfica do riacho Bilheira, Taperuaba – CE, como subsídio ao planejamento ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e sustentabilidade**, p. 165 – 176, 2016.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global – Esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo, n 13, p. 1 – 27, 1972.

LIMA, E. C. **Análise e manejo geoambiental das nascentes do alto rio Acaraú**: Serra das Matas – CE. Fortaleza, 2004. 178 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, UECE.

LIMA, E. C. Planejamento ambiental em bacias hidrográficas semiáridas do nordeste brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 2, p. 91-94, 1 set. 2020

LIMA, E. C. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia dedrenagem do açude Paulo Sarasate Varjota-Ceará**. 2012. 271 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012, p.29

OLIVEIRA, P.J.M; PEREIRA F.T.T; **Introdução a hidrogeografia**. São Paulo: cengage leaming, 2012.

LIMA, E. C. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia dedrenagem do açude Paulo Sarasate Varjota-Ceará**. 2012. 271 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012, p.29

SOUZA, M. J. N; Lima, F. A. M; Paiva, J. B. Compartimentação topográfica do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronomia**, v 9, n.1/2, p. 78-85, 1979.

SOUZA, M. J. N. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semiárido do nordeste brasileiro. **Mercator**. Revista da Geografia da UFC, Fortaleza, p. 86 – 102, 2006.

TRENTIN, R.; Santos, L. J. C; Robaina, L. E. S. Compartimentação geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Itu - Oeste do Rio Grande do Sul - Brasil. **Revista Soc. & Nat.**, n. 1, p. 127-142, 2012.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TROPPMAIR, H.; Galina, M. H. Geossistemas. **Revista Mercator**, v. 5, n. 10, p. 80-88, 2006.

TROPPMAIR, H. Geografia Física ou Geografia Ambiental? Modelos de Geografia Integrada. **Bol. de Geografia Teorética**, v. 15, n. 29/30, p. 63-69, 1985.

APLICAÇÃO DE ÍNDICES MORFOMÉTRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA, PERNAMBUCO - ALAGOAS

Jonas Herisson Santos de Melo
Universidade Federal de Alagoas
Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL, Cep: 57072-970
E-mail: jonas.melo@igdema.ufal.br
Kleython de Araújo Monteiro
Universidade Federal de Alagoas
Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL, Cep: 57072-970
E-mail: kleython.monteiro@igdema.ufal.br
Laís Susana de Souza Gois
Universidade Federal de Pernambuco
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901
E-mail: lais.gois@ufpe.br
João Paulo da Hora Nascimento
Universidade Federal de Pernambuco
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901
E-mail:joao.hora@ufpe.br

Resumo

A compreensão das dinâmicas da paisagem sempre esteve no centro das análises geomorfológicas, onde as bacias hidrográficas receberam grande destaque devido a sua dinâmica e seu papel para os estudos de evolução do relevo, fazendo-se necessária uma abordagem das relações entre as redes de drenagem e o relevo. Desta forma, o presente trabalho teve como foco a análise da Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema (BHRI). Foram aplicados índices morfométricos como a Relação de Bifurcação (Rb), construção de curva e a integral hipsométricas (Hi) e o Índice de Concentração de Relevo (ICR). Verificou-se que a bacia tem seu relevo em estado maduro, havendo um grande perceptual de homogeneidade topográfica e geológica sobre a rede de drenagem. Porém a partir do ICR foram identificadas variáveis níveis de dissecação do relevo. Desta forma, foi possível verificar determinadas condições que contribuem para a compreensão do estágio atual do relevo da BHRI, contribuindo para um melhor entendimento de suas dinâmicas.

Palavras-chave: Análises morfométricas; desenvolvimento da rede de drenagem, dinâmica erosiva.

1. Introdução

Os sistemas de drenagem sempre receberam destaque nos estudos geomorfológicos devido a sua atuação entre os mecanismos modeladores da paisagem. O estudo dos mecanismos de evolução de drenagem tem como objetivo norteador destacar o papel do arranjo da rede de drenagem na evolução da paisagem durante os últimos milhares de anos (SILVA e SANTOS, 2010).

A ideia de realização de análises morfológicas a partir da drenagem se intensifica ainda na geomorfologia clássica, tendo a teoria do ciclo erosivo de Davis (1889) como uma das maiores referências. A partir de meados da primeira metade do século XX, os estudos geomorfológicos passaram a analisar não apenas os sistemas fluviais, mas também os processos de encosta, gerando um novo contexto inserido no estudo de bacias hidrográficas.

Neste sentido, esse trabalho buscou aplicar índices morfométricos, visando a caracterização e classificação da rede de drenagem e do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema (BHRI), localizada entre os estados de Pernambuco e Alagoas. Os índices morfométricos são aplicados em redes de drenagem (hierarquização da rede de drenagem, relação de bifurcação), em bacias hidrográficas e interflúvios (integral e curva hipsométrica, e índice de concentração de rugosidade).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Contexto Geomorfológico e Geológico

A BHRI tem suas cabeceiras no Planalto da Borborema, em Pernambuco, drenando diversas porções do Planalto Cristalino da Borborema, do Planalto Sedimentar do Jatobá e as depressões circundantes, tendo como nível de base o Rio São Francisco em Alagoas (Figura 1).

A BHRI drena quatro dos oito compartimentos geomorfológicos estabelecidos por Corrêa et al. (2010), sendo estes: a Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas, a Depressão Intraplanática do Ipanema, Maciços remobilizados do Domínio da Zona Transversal e os Maciços Remobilizados do Domínio Pernambuco-Alagoas (Figura 1).

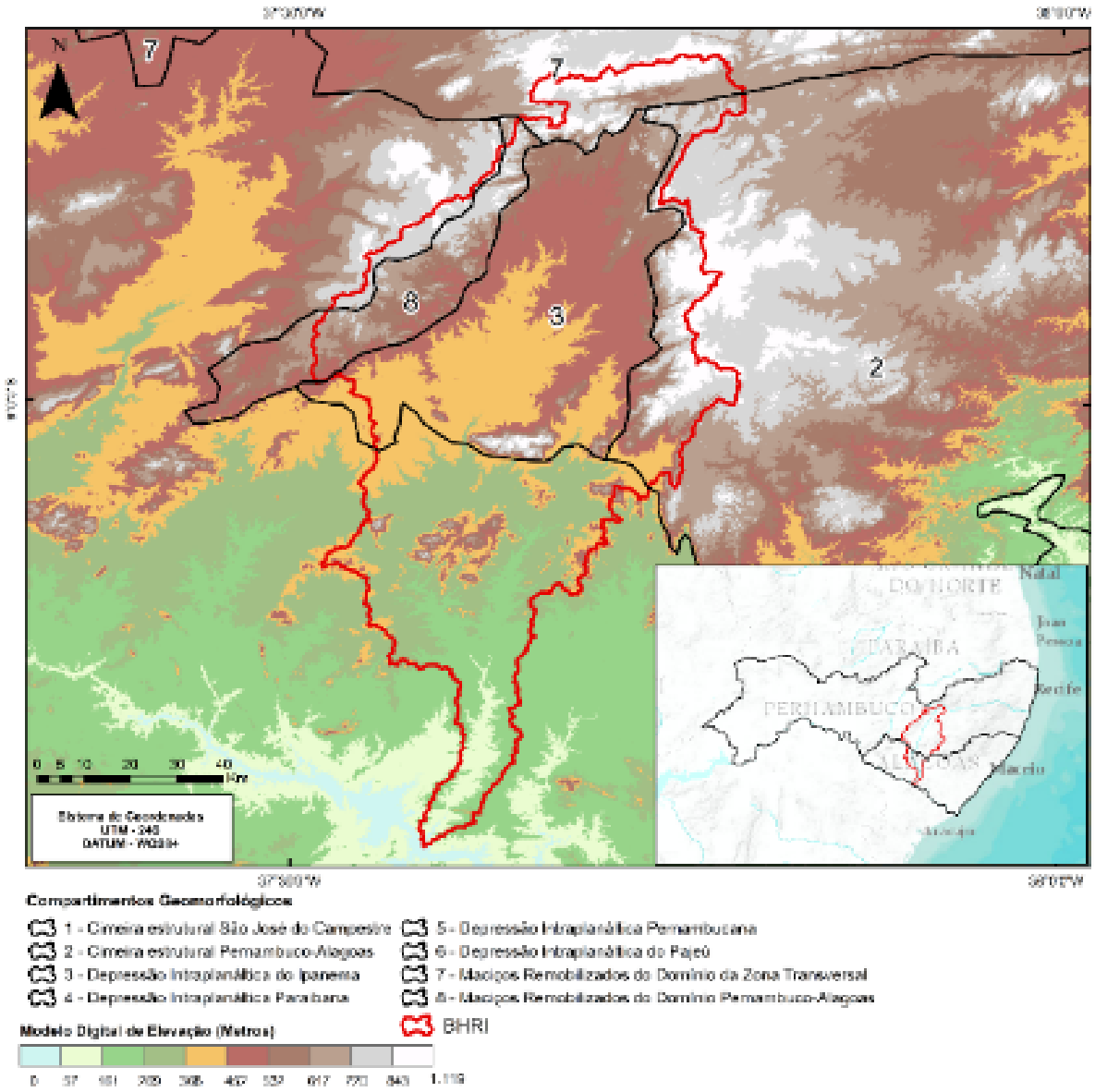


FIGURA 1: BHRI e compartimentos geomorfológicos da Borborema.

A Geologia da BHRI ocupa as Folhas Aracajú (SC-24) e Jaguaribe (SB-24), contando com mapeamento de escala de 1: 1.000.000 (CPRM, 2009). A BHRI possui litologias que datam do arqueano ao cenozóico, possuindo predominância de rochas cristalinas. Também possui rochas neoproterozóicas ígneas e metamórficas que são mais abundantes no geral, e em particular, metagranitóides, granitos, sienitos, dioritos, ortognaisses, quartzitos, paragmatitos e paragnaisses (CPRM, 2009). As rochas de idade mesoproterozóica predominantes são do Complexo Cabrobó: biotitas, granitóides indiscriminados e micaxistos.

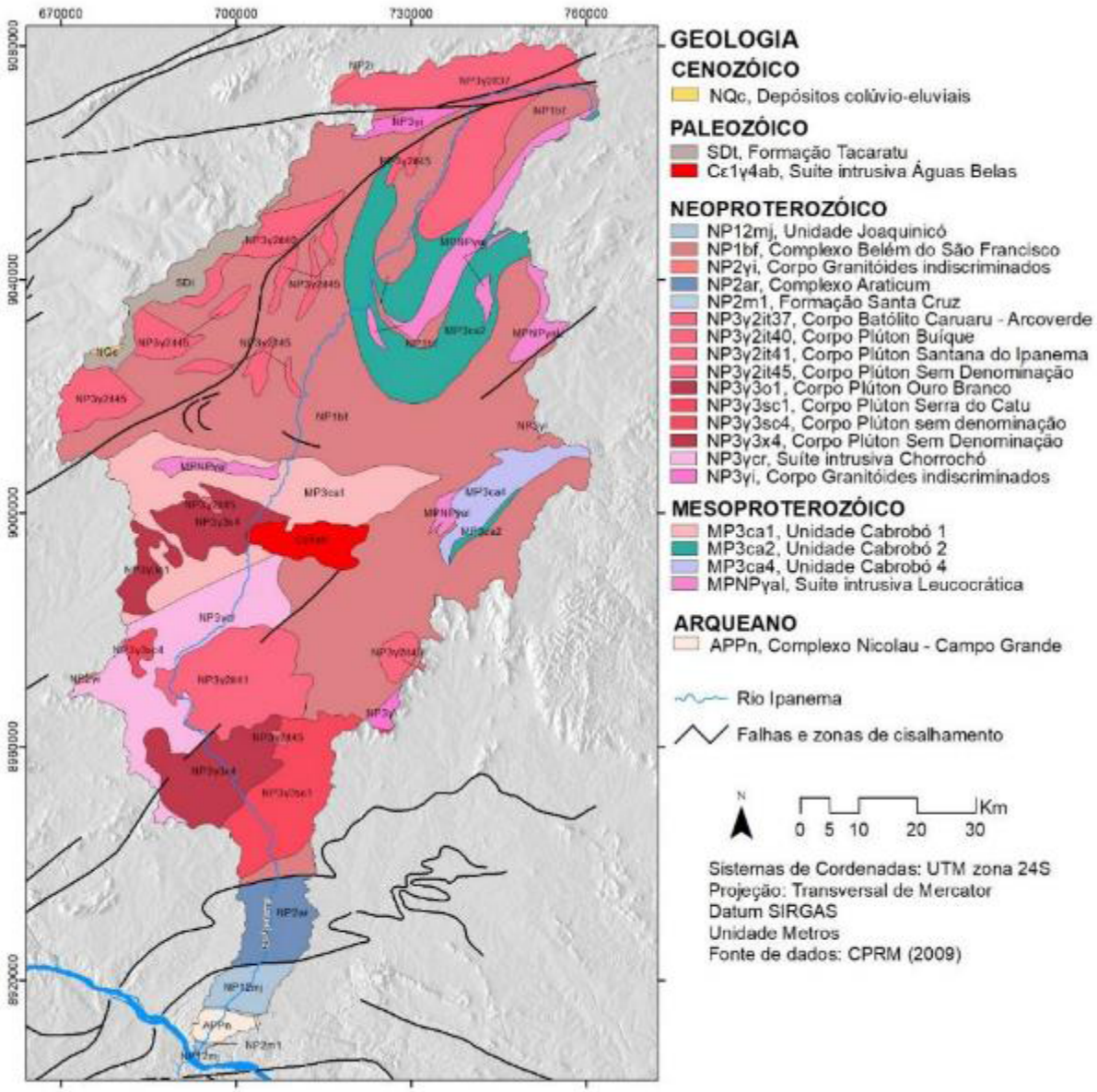


FIGURA 2: Mapa geológico da BHRI.

2.2 Base de Dados

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados dados do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com 3 segundos de arco, possuindo resolução espacial de 90m x 90m, disponível no portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Estes dados foram escolhidos por já possuírem correção cartográfica e de inconformidades existentes nos dados brutos oriundos da NASA. Esta resolução se mostrou adequada para a escala da bacia, não sendo necessária a melhoria espacial do dado, visto que o ganho seria pequeno em relação ao processamento necessário.

A partir dos dados SRTM foram elaborados Modelos Digitais de Elevação (MDE) em softwares de ambiente GIS, produzindo um modelo em 3 dimensões dos aspectos do relevo. Este modelo permitiu a extração automatizada da rede de drenagem, elemento central da análise da proposta.

2.3 Hierarquia da rede de drenagem

A hierarquia de canais fluviais, proposta inicialmente por Horton (1945) e modificada por Strahler (1952), parte da premissa de classificar canais sem tributários como os de primeira ordem, desde de a sua nascente até a próxima confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem; o encontro de dois canais de segunda ordem dão origem a um canal de terceira ordem, e assim sucessivamente.

2.4 Relação de Bifurcação (Rb)

A relação de bifurcação é definida como a relação entre o número de ramificações de uma determinada ordem e o número de ramificações de uma ordem superior seguinte. Esta relação pode ser expressa por

$$R(b)= Nu/Nu+1$$

De acordo com Horton (1945, p. 290), a relação de bifurcação varia de um mínimo de 2 em "bacias de drenagem de relevo plano ou ondulado", até valores acima de 3 que caracterizariam "bacias de drenagem montanhosas ou muito dissecadas". É um parâmetro usado em equações dando o número de córregos em uma bacia. Entretanto, Verstappen (1983) indica que a relação de bifurcação varia entre 3,0 e 5,0 para bacias hidrográficas quando a influência das estruturas geológicas na rede de drenagem é baixa.

2.5 Curva e Integral Hipsométrica (Hi)

A análise das Hi se baseia na perspectiva dos ciclos de erosão de Davis (1899), que estabelece uma hierarquização e cronologia para o grau de dissecação do relevo. Segundo Strahler (1952) a metodologia, que relaciona a área da bacia e a altitude, permite identificar a existência de ciclos de erosão, paleosuperficies e também o grau de dissecação das bacias hidrográficas.

Ainda de acordo com Strahler (1952), valores elevados da Hi, acima de 0,6, apontam um estágio próximo à juventude. Por outro lado, valores entre 0,6 e 0,35 são característicos de relevos em estágio de dissecação madura. Superfícies com estágio erosivo avançado apresentam valores de Hi abaixo de 0,35. Para Grohmann e Ricomini (2012), às curvas suaves em formato de "S" passando pelo centro do diagrama caracterizam paisagens maduras (em equilíbrio) e curvas com concavidade para cima e baixos valores da integral representam paisagens antigas e dissecadas, já as curvas com concavidade para baixo e altos valores da integral são típicas de paisagens jovens, pouco dissecadas.

Estudos mais recentes têm indicado outras possibilidades explicativas para o Nordeste do Brasil, podendo estar mais relacionado a aspectos megageomorfológicos e estruturais da região (MONTEIRO e CORRÊA, 2020).

2.6 Índice de Concentração de Relevo (ICR)

O ICR é utilizado para diferenciar padrões locais e globais de rugosidade de relevo (ICR Local - ICRi e Global - ICRg). Para obtenção do dado de rugosidade nos padrões supracitados, foi utilizada a densidade de kernel, na qual utiliza uma área de influência que pode variar seu raio de acordo com o padrão escolhido.

Para o ICR Global considerou-se inicialmente a proposta de Sampaio (2008) que é de 1128m. Os limites das classes propostas para o ICR Global divergem dos valores usualmente empregados pela geomorfologia para delimitar as classes de declividade, pois são resultantes da análise direta em campo nas

áreas já pesquisadas e nas unidades amostradas para fins deste estudo. Neste sentido, consideram-se os seguintes intervalos para as seis unidades de relevo:

- plano – valores de ICR abaixo de 2,5,
- suavemente ondulado – valores ICR de 2,5 a 6,
- ondulado – valores ICR de 6 a 14,
- fortemente ondulado – valores ICR de 14 a 30,
- escarpado – valores ICR de 30 a 45 e,
- fortemente escarpado – valores ICR acima de 45.

O ICR local permite compartimentar qualquer área em unidades com distintos padrões morfométricos de dissecação e recorrência da declividade e, em diferentes números de classes, independentemente da existência das unidades de relevo observadas na análise global ou em mapeamentos prévios. Utilizou-se para este padrão o raio de 564m (~1km^2 de área de círculo) como valor de partida para as análises exploratórias. Os valores encontrados com a aplicação do ICR local são ordenados em quantis, os quais dividem os dados ordenados em subconjuntos de dimensões iguais (SERFLING, 1980).

Considerando a necessidade de diferenciar as nomenclaturas empregadas para denominar as unidades de relevo observadas a partir da aplicação do ICR Global das unidades observadas pelo ICR Local, sugere-se o emprego de termos diferenciados, como, por exemplo, Índice de Concentração da Rugosidade: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto (SAMPAIO e AUGUSTIN, 2014).

3. Resultados

A partir da obtenção dos dados da hierarquia fluvial (Figura 3) foi observado que a BHRI possui até a 6ª ordem de drenagem, indicando desenvolvimento da rede de drenagem na área. Posteriormente, os canais de cada ordem foram quantificados para aplicação da Rb.

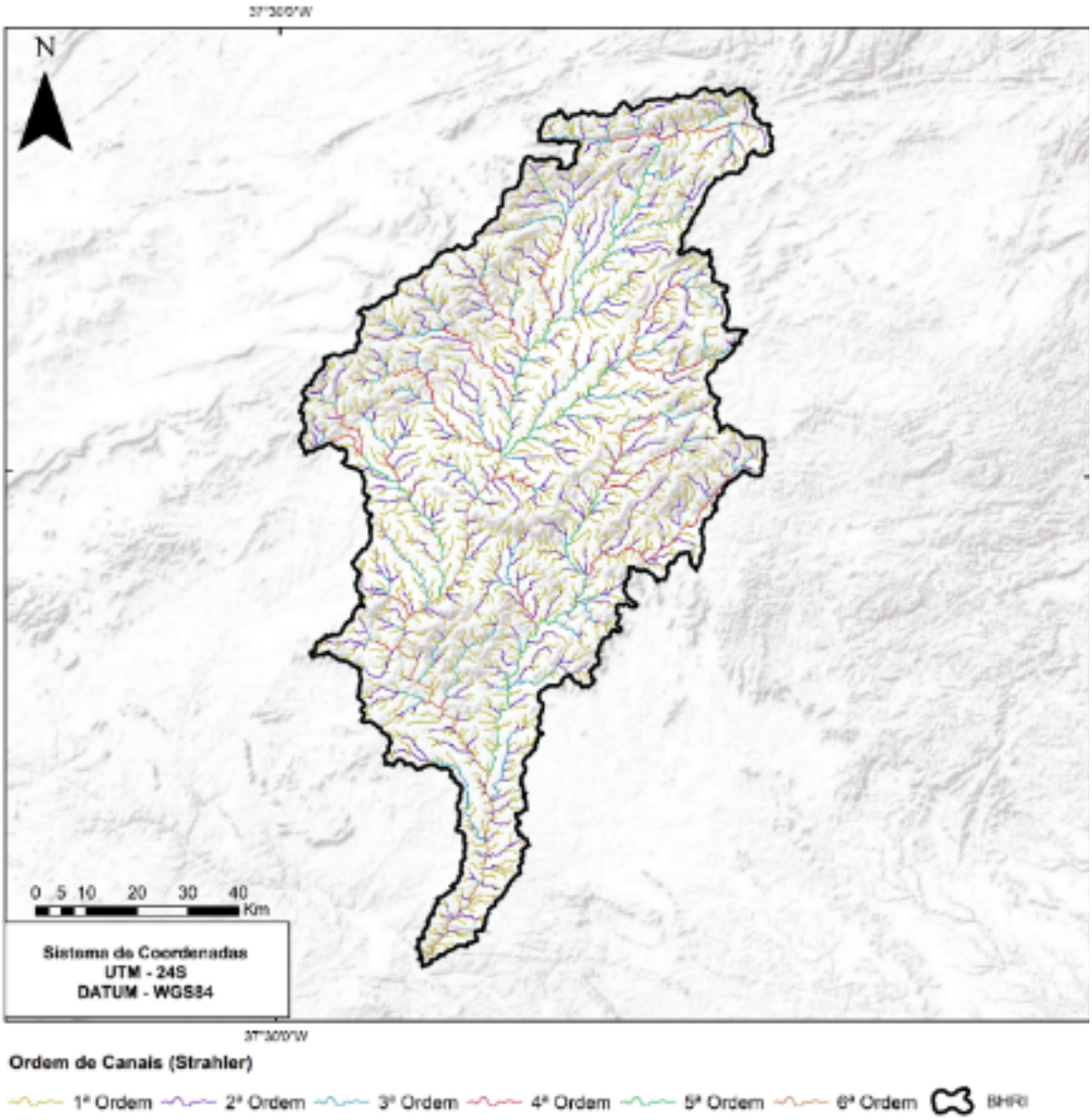


Figura 3: Hierarquia de Drenagem.

Partindo da premissa proposta por Horton (1945), a BHRI está em um contexto de relevo montanhoso, com valor de Rb médio de 4,57 (Tabela 1) ou muito dissecado. Contudo, o índice Rb possui outras interpretações como a de Verstappen (1983), na qual o intervalo entre 3,0 e 5,0 representaria pouca influência das estruturas geológicas sobre a rede de drenagem. Em se tratando de valores individuais para cada ordem, os canais de 3ª ordem apresentaram um índice de 4,95, maior valor encontrado para a bacia.

As interpretações da Rb relacionam-se à grande homogeneidade das feições topográficas da Cimeira Estrutural Pernambuco - Alagoas, podendo-se traçar relação com o relevo montanhoso ou dissecado, descrito por Horton (1945), e a afirmação de Verstappen (1983), sobre a pouca influência geológica sobre a drenagem.

TABELA 1
Valores de Razão de Bifurcação da BHRI.

BACIA	ORDEM DE CANAIS	N° DE CANAIS	RB	RB MÉDIO
	1	1949	4,54	
	2	429	4,12	
BHRI	3	104	4,95	4,57
	4	21	4,25	
	5	4	4	
	6	1	-	

O valor da Hi foi de 0,43; indicando um relevo maduro com uma curva em forma de "S". Levando em consideração o contexto do arcabouço geológico, as relações com a curva hipsométrica e o valor da integral possuem uma relação direta tendo em vista o tipo de classe de rochas pertencentes ao perímetro da bacia.

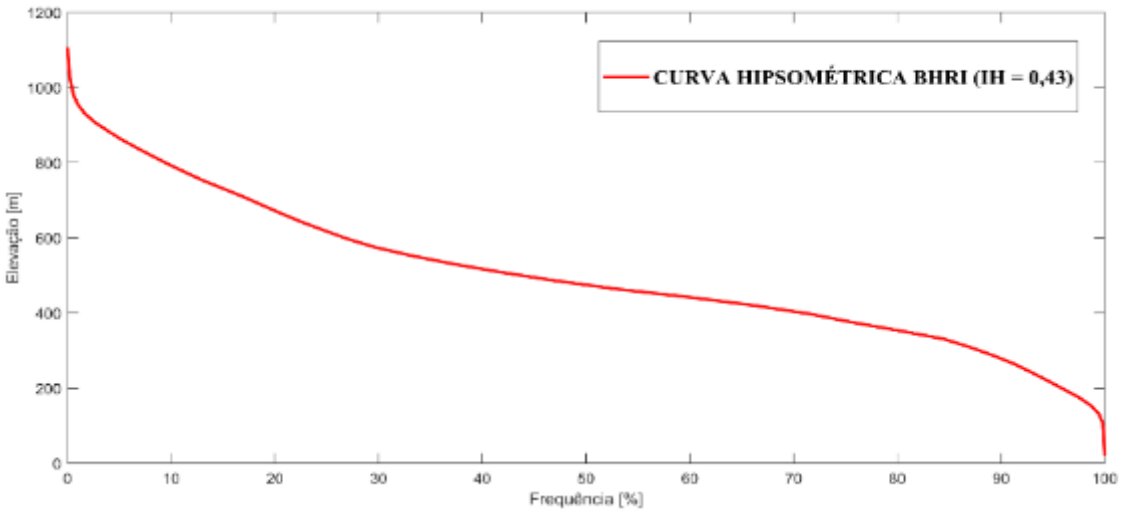


Figura 4: Curva Hipsométrica da BHRI.

Os dados de ICR local permitiram identificar áreas de rugosidade do relevo muito baixa e média nos setores de menor altitude e muito alta nos setores mais elevados, marcando a passagem de borda elevada do Planalto da Borborema para a depressão do Ipanema.

Para o ICR Global, os setores de maior altitude correspondem às classes de relevo escarpado e fortemente escarpado, enquanto a maioria dos setores de menor altitude corresponde à classe dos relevos ondulados, corroborando com os resultados da relação de bifurcação e das relações hipsométricas.

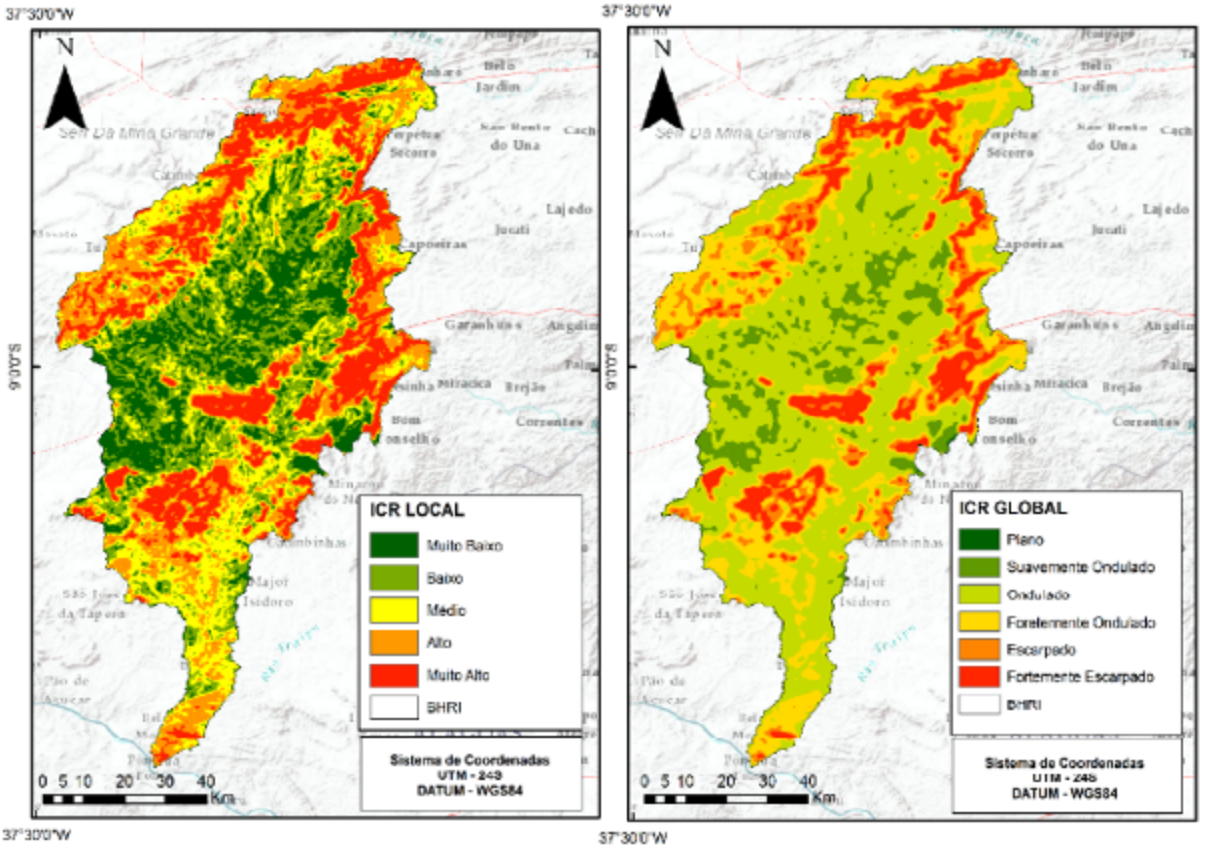


FIGURA 5: Índice de Concentração de Relevo (ICR) da BHRI.

4. Considerações Finais

A partir da aplicação de índices morfométricos foi possível caracterizar a BHRI de maneira quantitativa, possibilitando possíveis comparações futuras com outras bacias hidrográficas em setores semelhantes.

Nota-se pela Hierarquização e pelo ICR que a bacia possui um estágio bem desenvolvido da drenagem, com fases maduras de dissecação e elaboração da paisagem por processos fluviais, obliterando os possíveis controles litológicos. Esta constatação é corroborada pelo índice de Rb, indicando elevados valores numéricos, que expressam a capacidade que a rede de drenagem tem para gerar novos canais.

Por fim, a Integral Hipsométrica e sua curva também permitem creditar à área da BHRI um estágio bem desenvolvido, correspondente à fase Madura estabelecida por Davis, característica de áreas plataformais que não experimentam grandes eventos tectônicos por milhões de anos.

Sugere-se, portanto, a aplicação destes índices em bacias que possuam contexto semelhante, a fim de produzir uma análise regional numérica, permitindo observar a existência de padrões específicos para os setores em apreço.

Referências

BRUNSDEN, D., J. B. THORNES. "Landscape Sensitivity and Change." Transactions of the Institute of British Geographers, vol. 4, no. 4, 1979.

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R. Megageomorfologia e Morfoestrutura Do Planalto Da Borborema. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 31 (1/2), p.35-52, 2010.

CORREA, A. C. B.; MONTEIRO, K. A. Revisitando as superfícies de aplainamento: novos enfoques e implicações para a geomorfologia geográfica. Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, v. 1, p. 1-26, 2021.

COX, R.T. Analysis of drainage basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment. Geol. Soc. Am. Bull, v. 106, p. 571-581, 1994.

CRICKMAY, C.H. A preliminary inquiry into the formulation and applicability of the geological principle of uniformity. Calgary, Evelyn de Mille Books, 53p. 1959.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Brasília: CPRM, 2009.

DAVIS, W.M. The geographycal cycle. Geographycal Journal, v.14, p.481-504. 1889.

GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C. Análise digital de terreno e evolução de longo-termo de relevo do centro-leste brasileiro. Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 12, n. 2, p. 12-150, 2012.

HACK, J. Interpretation of erosionsal topography in humid temperate regions. Amer. Journal of Science, v. 1, n. 4, p. 80-97, 1960.

HARE P.W; GARDNER I.W. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. Nicoya Peninsula, Costa Rica. In: Morisawa M & Hack J.T (eds.) Tectonic Geomorphology. Procedings 15th. Annual Binghamton Geomorphology Simp. 1984.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, v. 56, p. 275-370, 1945.

HOWARD, A.D. Geomorphologycal systems-equilibrium and dynamics. American Journal Science, v.263, p.302-312. 1965.

LASZLO, M. J., ROCHA, P.C. "Composição Hierarquica Dos Canais Fluviais Das Bacias Hidrográficas Dos Rios Aguapeí e Peixe". REVISTA GEONORTE 5 (20), 228 -32. 2014.

LEOPOLD, L. B., and Langbein, W. B. The concept of entropy in landscape evolution: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 500-A, 20 p. 1962.

MONTEIRO, K. A.; CORRÊA, A. C. B. Análise dos perfis longitudinais dos rios Sirinhaem, Una e Mundaú (PE/AL) a partir da aplicação do índice de Hack. Revista contexto geográfico Maceió-AL v. 1. N.1, p. 85 – 93, 2016.

NASCIMENTO, J. P. H., Aplicação De Índices Morfométricos Para Identificação De Controles Estruturais Atuantes Em Bacias Hidrográficas Do Baixo São Francisco. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia e Meio Ambiente. Universidade Federal de Alagoas. 2020.

PENCK Morphological analysis of land forms: a contribution to physical geology; trad. de Hella Czech. e Catherine C. Boswell. London, Macmillan. 429p. 1953.

R.J. SERFLING. Approximation Theorems of Mathematical Statistics. John Wiley & Sons, 1980.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice De Concentração Da Rugosidade: Uma Nova Proposta Metodológica Para O Mapeamento E Quantificação Da Dissecação Do Relevo Como Subsídio A Cartografia Geomorfológica. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 15, nº 1. 2014.

SAMPAIO, T. V. M., AUGUSTIN, C. H. R. R. Análise das incongruências dos índices de dissecação e rugosidade. Anais do VII Encontro Nacional de Geomorfologia. Belo Horizonte, 2008.

SILVA, T.M; SANTOS, B.P. SISTEMAS DE DRENAGEM E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM. Revista Geográfica Acadêmica v.4, n.1. 2010.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology: Am. Geophys. Union Trans., v. 38, no. 6, p. 913-920. 1957.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. Geological Society of America Bulletin, v. 63, p. 1117-1142, 1952.

VARGAS, K.B.; SORDI, M.V. Integral Hipsométrica Aplicada A Bacias Hidrográficas Em Áreas De Borda Planáltica No Centro Norte Paranaense. XI SINAGEO. 2016.

VERSTAPPEN, H. T. Applied Geomorphology geomorphological surveys for environmental development. New York: Elsevier, 1983.

AS RELAÇÕES MORFOGÊNESE-PEDOGÊNESE NA FORMAÇÃO DOS SOLOS ENTRE OS MUNICÍPIOS MUCUGÊ E LENÇOIS-BA

Érica Cardoso de Lima
Universidade Federal da Bahia-UFBA
UFBA - R. Barão de Jeremoabo, s/n - Ondina, Salvador - BA, 40170-290
E-mail: ericacardos.o@hotmail.com

Resumo

As discussões sobre as relações pedogênese e morfogênese se deram de certa forma a partir das contribuições dos geógrafos russos. Atualmente no Brasil existem muitos estudos com o objetivo de fazer esta correlação. O trabalho faz uma abordagem revisando a perspectiva de diversos autores, além disso, visa interpretar o contexto do Estado da Bahia, em especial a região da Chapada Diamantina onde constitui como um grande exemplo para a realização deste estudo. Mucugê e Lençóis, dois municípios que integram a região, são analisados diante a pesquisa que são espacialmente associados ao conjunto de Serras do Sincorá, e que isso contribuiu em termos gerais para o rearranjo da configuração morfológica e pedológica destas localidades. Com base nesses precedentes, fica claro que há muito que se discutir e aprofundar sobre estas questões e que apesar de existir uma variedade de trabalhos relacionados a geologia e geomorfologia da região, entretanto ainda há uma necessidade de mais estudos que abordem a temática da pedologia. Vale destacar que o uso das geotecnologias para traçar técnicas como topossequência são muito úteis para a compreensão da distribuição espacial dos solos no espaço. Dessa forma, foram trabalhados através do perfil esquemático dos dois municípios na imagem SRTM para fins da interpretação da distribuição espacial do relevo e tipos de solos.

Palavras-chave: Geomorfologia, Pedologia, Chapada Diamantina.

1. Introdução

O território brasileiro passou por distintos períodos de modificações em suas estruturas geomorfológicas até firmar-se nos modelados que conhecemos hoje. Estes processos se deram por consequência da dinâmica litológica terrestre ao longo de milhares de anos que, por sua vez, foram remodelando a paisagem através de dobramentos, falhamentos, entre outros. Em função destas transformações e em decorrência delas e também através de cinco fatores de formação como tempo material de origem, matéria orgânica e ações do homem, são formados um material inconsolidado o qual recobre a camada superficial da Terra: os solos.

Embora a geomorfologia e a pedologia tratem de aspectos naturais distintos, a primeira para tem como objeto o relevo e a segunda o solo, ambos são indissociáveis, por questões da dinâmica tectônica e processos exógenos (clima, vegetação, hidrografia) e outras interações decorrentes dos fatores climáticos que se materializam na paisagem. Para a formação pedológica existe a necessidade da interação geomorfológica. Queiroz Neto (2011) afirma, em uma das suas obras, que os estudos sobre pedologia sempre consideraram o relevo como um fator importante para a compreensão dos solos. Vale lembrar que, como afirma Tricart (1968), a geologia estrutural serve também de base para as formações geomorfológicas e consequentemente as pedológicas.

Sabe-se que o processo de apreensão das variações dos tipos dos solos de um terreno não pode ser dissociado das formas de relevo, isso afirma que a geomorfologia é peça fundamental para o estudo dos solos. Sendo assim, pensando na perspectiva do Estado da Bahia, a região da Chapada Diamantina possui condições ambientais únicas e também é interessante de fazer esta correlação onde pode ser considerada a relação do nível topográfico do terreno com os solos.

Nos municípios de Mucugê e Lençóis existe, em análise, uma situação interessante na interação pedogênese-morfogênese, enquanto Mucugê apresenta grande parte de seu terreno com altitudes elevadas, como o conjunto de serras do Sincorá, que "é esta cordilheira a própria *Chapada Diamantina*, no sentido restrito em que ora se emprega esta denominação" (SAMPAIO, 2002, p. 248), o autor nesse caso, aponta a real importância dessa formação geomorfológica para a reconfiguração do espaço a qual pode ter sido delimitada mais a diante a nomeação dessa região. Neste conjunto de serras, há cinco interrupções ou gargantas numa extensão de 140 quilômetros em sua totalidade (SAMPAIO, 2002). Isso significa dizer que existem rochas significativamente resistentes à erosão, as quais são encontradas em terrenos dobrados e falhados.

No município de Lençóis, apesar de existir uma interconexão em seu terreno ao conjunto de Serras do Sincorá, existe também uma redução de sua altimetria ou dissecação ao longo da sua área no sentido Sul-Norte. Com base em estudos anteriores, como em Paim (2004), percebe-se perfeitamente que nessa área existe uma forte relação geomorfológica que condiciona a formação dos solos.

Pretende-se aqui discutir com base em diversos teóricos e analisar como se dá a interação geomorfologia-pedologia na formação dos solos em Mucugê e Lençóis-BA. A partir daí analisar e discutir a importância de se entender os processos; correlacionar à topografia através de Modelo Digital do Terreno e perfil esquemático, bem como realizar o mapeamento temático da pedologia e geomorfologia.

2. Procedimentos Metodológicos

Para a realização do presente trabalho, foi necessário basear-se em teóricos que discutem sobre os processos de morfogênese e pedogênese como Tricart (1968), Queiroz Neto (2011) e (2000). A fim de discutir sobre os tipos de solos e geomorfologia da área de estudo, foram consultadas a CPRM (2010) e a Embrapa (2018), que contribuíram para a compreensão da dinâmica física pedogeomorfológica dos municípios da pesquisa.

A área escolhida para representar a correlação da discussão sobre pedogênese e morfogênese localiza-se na região da Chapada Diamantina no estado da Bahia, mais especificamente nos municípios de Mucugê e Lençóis situados entre as coordenadas geográficas 13°0'18" S 41°22'15" O e 12°33'46" S 41°23'24" O, respectivamente. Justifica-se por ser uma área consideravelmente antiga (área de cráton) além de existir no local uma topografia considerável possível de facilitar a análise e discussão do tema.

Um dos recursos utilizados foi o Modelo Digital de Terreno (MDT) o qual constituiu-se por ser um modelo contínuo da superfície terrestre, ao nível do solo, representado por uma malha digital de matriz raster, onde cada célula da malha contém um valor de elevação do terreno e suas inter-relações com as formas de relevo. O recurso permite a determinação do grau de dissecação do relevo, sendo útil para informações de declividade e altimetria (CPRM, 2010).

No intuito de auxiliar na investigação, foram baixadas imagens SRTM do Alos Palsar com resolução de 12,5 metros da área desejada, as quais podem ser encontradas na plataforma EARTHDATA. Após adquirir as imagens, foi realizada cartografia temática através do programa ARCGIS 10.3, a base de dados obtida para confecção do mapa foi do IBGE (2017). Através do auxílio do programa Qgis 3.16 foi possível traçar o perfil esquemático entre os municípios de Mucugê e Lençóis na imagem SRTM para fins da interpretação da distribuição espacial do relevo e tipos de solos, chama-se essa metodologia de topossequência onde considera a formação dos solos resultados dos fluxos de matéria induzidos pelo declive e forma da vertente.

3. Breve Revisão Teórica: Morfogênese e Pedogênese

Desde o período em que se deu a evolução da Geografia Russa, base da ciência da paisagem onde o solo passou a ser investigado em perspectivas de um corpo natural e histórico por volta do século XIX (FROVOLA, 2007), os estudos pedogeomorfológicos foram mais aprofundados, visando juntar os conhecimentos de pedologia e geomorfologia para o entendimento das formações do solo e relevo.

Nessa abordagem, desde os ensinamentos de Dokoutchaev, um dos marcantes geógrafos russos, o qual também contribuiu para o desenvolvimento dessa linha de pesquisa, discutia a relação pedogenética citando a importância das interações entre matéria abiótica e biótica no processo de formação e consolidação dos solos (FROLOVA, 2007). Além disso, o mesmo pôde sintetizar em cinco os fatores de formação do solo: clima, material de origem, organismos, topografia e tempo. Entretanto, ao longo da evolução da ciência, outras perspectivas como a de Mikhail Lomonosov, outro cientista russo, contribuiu nesse sentido, com o reconhecimento do papel do intemperismo, organismos vivos e o tempo na formação do solo e camadas do solo (BREVIK, 2010).

Como em qualquer área natural, existem fatores diretos para a sua formação como os aspectos litológicos onde os processos endógenos e exógenos implicam em consolidação da paisagem que envolve desde o intemperismo à erosão. Para além da perspectiva estrutural, Jenny (1941) aponta cinco fatores para a formação dos solos os quais são compostos pelo material de origem (substrato rochoso), organismos (matéria orgânica), tempo e homem. Sendo assim, existe de maneira geral nos processos pedológicos e geomorfológicos um "vínculo umbilical" (QUEIROZ NETO, 2000).

Muito se aborda como e quais fatores determinam a formação pedogenética, entretanto, existe uma discussão pertinente a qual requer mais uma atenção. Sendo assim, visualizando como uma estrutura está devidamente ligada à outra em suas consolidações, existe uma ideia de que nunca poderão ser dissociadas as relações geologia-geomorfologia-pedologia.

Embora exista evidentemente ligações diretas e indiretas entre estas estruturas que envolve as três relações, e levando em consideração a formação dos solos propriamente dita, a mesma, pode ser considerada de estar mais associada diretamente a evolução geomorfológica do que a geologia estrutural em si, e isso é abordado em Tricart (1968). Segundo o autor, a geomorfologia pode fornecer um quadro de formação e ao mesmo tempo de evolução dos solos. Além disso, a relação topográfica é um elemento fundamental para que possa existir diferentes tipos de solos distribuídos ao redor do planeta Terra.

Nas formações pedológicas, os processos de erosão atuam, na maior parte das vezes, em relevos íngremes, justificando a atuação da morfogênese nessas contribuições, o que acontece nesse processo é o retrabalhamento de materiais possibilitando a recomposição da estrutura dos solos.

Boulet (1990) contribui de forma diferenciada e "quebra" os estigmas a respeito dos processos pedogeomorfológicos, colocando os processos pedológicos sobrepostos à evolução do relevo, em sua perspectiva, os mecanismos pedológicos podem comandar e até definir a evolução do modelado, o qual entende-se pela noção de sistemas de transformação.

Ross (2019) faz uma observação relevante na questão da complexidade morfogenética a qual de fato precisa contemplar os processos denudacionais, em outras palavras, processos onde há formações esculturais do relevo por intermédio da tectônica e da dissecação, através da atuação física e bioquímica, onde há formações esculturais do relevo por oscilações e mudanças climáticas ao longo do tempo geológico e do espaço geográfico.

Por outro lado, os relevos que possuem uma configuração mais plana, ou seja, um relevo mais dissecado, existe nela uma situação de predominância da configuração da paisagem por conta dos processos morfogenéticos, tornando-os menos eficientes nesses casos de qualquer retrabalhamento de material (RUBIRA, 2019). Contudo vale lembrar que os processos que envolvem a morfogênese e a pedogênese poderão ser desenvolvidos e retrabalhados permanentemente diante de novos eventos tectônicos e permanente atividade climática (ROSS, 2019; TRICART, 1968; SAADI, 1998).

4. Geomorfologia e Pedologia de Mucugê e Lençóis- BA e suas Interações

O meio físico da Chapada Diamantina possui aspectos marcantes em sua composição como a sua geomorfologia por exemplo. A região, em aspectos tectônicos gerais, caracteriza-se por ser uma área que foi dobrada e depois esculpida na parte mais superficial, a qual existiu uma certa influência do cinturão orogenético, porém a sua formação é mais antiga sendo considerada uma área de cráton (ROSS, 2019).

Em determinadas regiões da Chapada como o vale do Mucugê, existem, em sua forma, segundo Sampaio (2002) características de "massas corroídas, folheteadas e curvas, ora simulando cascas de ovos gigantes, quebrados, ora abóboras partidas ou tetos sumidoros" (SAMPAIO, 2002, p. 276). Já em outros locais existe o desgaste da rocha mais resistente em formas de torres ou pilares. Entretanto, vale esclarecer que, por efeitos de lentas erosões, as rochas com resistências um tanto desiguais se desgastam.

Muito se diz que o *grés* (material arenoconglomerático quartzoso) da Chapada refere-se ao período terciário (era cenozóica), que apresenta grande perturbação e, como consequência, pode ter modificado a disposição das camadas, seguido de fraturas com grandes extensões (SAMPAIO, 2002). Seguindo por este pensamento, a Chapada Diamantina está sob o cráton do São Francisco

e é uma das formações mais antigas do território brasileiro, englobando distintas formações de relevo associadas a tipos variados de solos como Neossolos, Latossolos, Argissolos, entre outros.

Há dois municípios a serem destacados neste trabalho: Mucugê e Lençóis. Entre eles, existe uma relação para além da proximidade fronteiriça, que pode ser correlacionada perfeitamente, é a topografia do terreno e os variados tipos dos solos. Este é um bom exemplo entre diversas outras localidades da região, porque existe uma proximidade geográfica relevante e, ao mesmo tempo, diferenças de altitudes discrepantes que provocam uma discussão a qual permite associar e analisar como se dá o processo e as interações das formas de relevo para a formação dos solos.

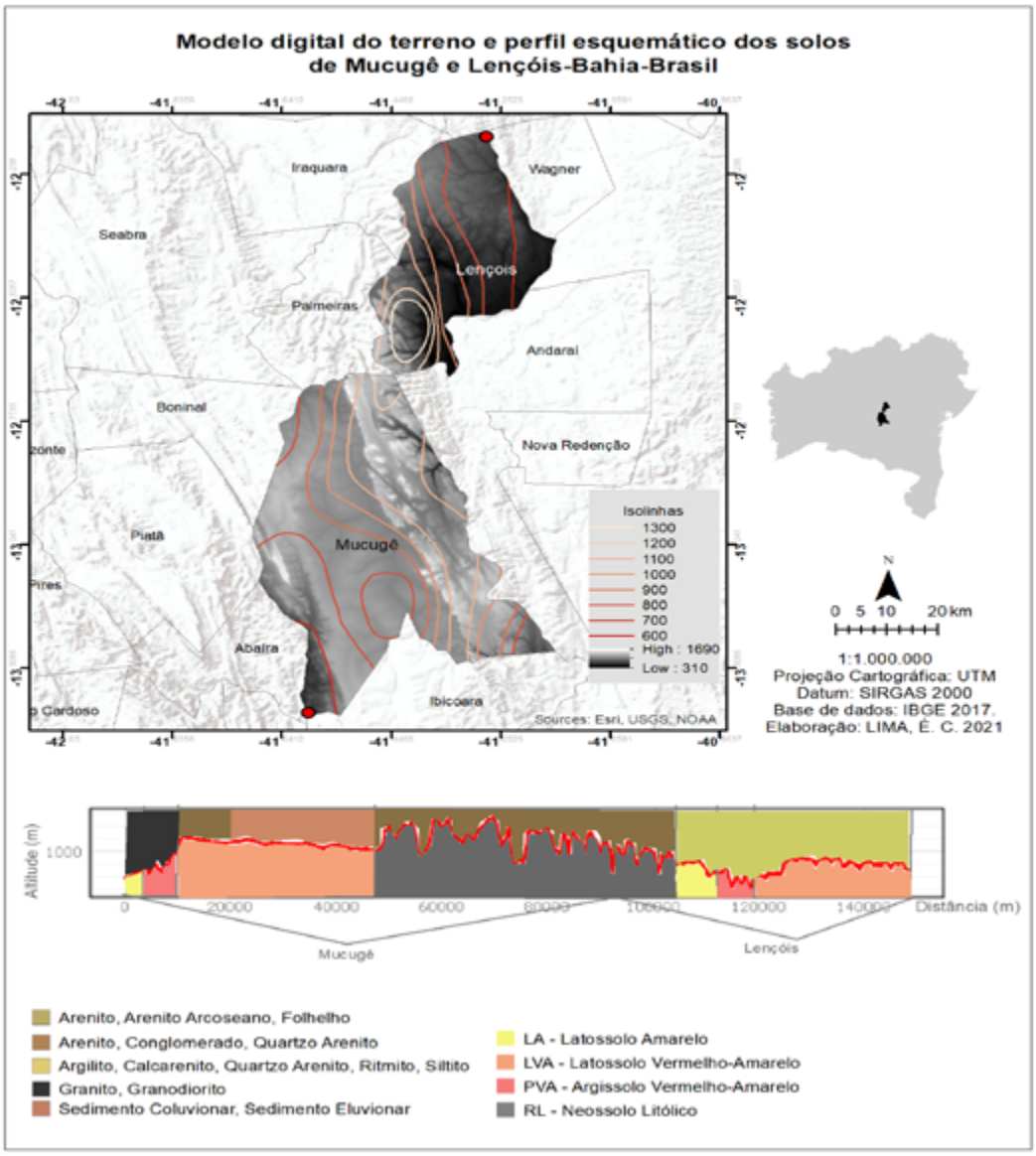


FIGURA 1: MDT e perfil esquemático de solos de Mucugê e Lençóis-BA Fonte: Arquivo da autora.

Em linhas gerais, o relevo e o solo são indissociáveis e importantes no processo de formação da paisagem, onde, agregado aos aspectos climáticos de um espaço, pode retratar diretamente as ações exógenas na modificação da paisagem ao longo do espaço-tempo reorganizando a dinâmica das formas de relevo e tipos de solos associados. Além disso, existe uma certa ligação de causa e efeito entre topografia e a distribuição dos solos (BOULET, 1990).

Na figura 1 podemos perceber a configuração topográfica do terreno entre as duas localidades. Trata-se de uma área com altitude variando entre 310 e 1690 metros, amplitude altimétrica significativa, considerando o município de Mucugê com a topografia mais elevada se comparada à de Lençóis. Essa diferença de nivelamento é um grande propulsor da variedade pedológica da área.

Conforme a variação do relevo nesse caso, são espacializados ao mesmo tempo diferentes formações pedológicas, Assim como a formação pedológica brasileira que possui predominância de 3 tipos de solos como Argissolo, Latossolo e Neossolos, recobrem cerca de 70% do território brasileiro (EMBRAPA, 2018). Mucugê e Lençóis vem representando essa tendência nacional, contendo por vezes solos mais profundos como os Latossolos ou solos mais rasos como os Neossolos e isso pode ser diretamente relacionado com a variável topológica da região.

Como descrito em Volkoff (1985), na região da Chapada Diamantina, onde as altitudes chegam a mais de 1.000 m, grande parte do terreno estão cobertos de Latossolos, sendo eles normalmente amarelos ou vermelho-amarelos, essa discussão embora esteja em termos genéricos da área total da Chapada Diamantina, serve de subsídio na compreensão do contexto espacial entre Mucugê e Lençóis e onde esses solos se dispõem na paisagem conforme o seu modelado.

Essas condições de altitude além de refletir sobre a formação dos tipos de solos, reflete também na vegetação. Dessa maneira, a disposição da vertente somado com a presença desses Latossolos proporcionam as formações de Savana arbustiva na área. Observa-se que existem dois tipos de Latossolos nesse perfil esquemático, o Latossolo Amarelo, concentrado em altitudes inferiores a 1000 metros, enquanto o Latossolo Vermelho-Amarelo, com maior predominância, localiza-se em regiões um pouco mais elevadas, e a característica do relevo associada a este tipo de solo é basicamente de configuração plana, suave ondulada ou ondulada (EMBRAPA, 2021).

Em outras discussões, como em Ker (1997), no caso dos Latossolos Vermelho- Amarelos, estes tipos de solos geralmente podem ser encontrados em áreas que variam do relevo plano (chapadões) ao montanhoso (com declividade entre 45% e 75%), outro fator comum é que em alguns locais da paisagem brasileira ocorrem Latossolos avermelhados lado a lado com Latossolos amarelados (KER, 1997). De acordo com Nascimento (1993), no Brasil, os Latossolos ocupam grandes extensões territoriais e, na Região Nordeste, as superfícies latossólicas estão associadas a dois tipos: Sul-americana e velhas. Em hipótese, no caso da distribuição dos Latossolos Vermelho-Amarelo localizar-se em terrenos altos, podem estar associados a superfícies de aplainamento ou então pode tratar-se de um material retrabalhado.

Os Neossolos localizam-se com maior expressividade nos pontos de maior altitude entre os dois municípios, porém com maior extensão em Mucugê. Essa área faz parte do conjunto de Serras do Sincorá. Dessa forma, nessa região há características acentuadas:

(...) Falhas de grande extensão com direção norte-sul e outras menores transversais a essas, dividem-na em inúmeros blocos que tomam denominações locais como as serras da Cravada, do Sobrado, do Lapão, do Veneno, do Roncador ou Garapa, do Esbarrancado. (CPRM, 2021, p. 190).

Os relevos mais altos da área localizados entre 800 a 1.200 metros, são suavemente ondulados também conhecidos por “serras gerais”. Basicamente são constituídas por Neossolos Litólicos, distróficos e geralmente rasos (CPRM, 1994). Esse tipo de solo, em sua característica, é pouco evoluído, constituído por material mineral ou orgânico com menos de 20 cm de espessura, por vezes não apresentando nenhum tipo de horizonte B (EMBRAPA, 2018), além disso,

a formação desses tipos de solos pode estar associada a áreas de relevo muito movimentado e de alta declividade (EMBRAPA, 2021). Nesse tipo de solo, podem ser desenvolvidas vegetações com tipo fitofisionômico de campo rupestre, por serem solos ácidos, pobres em nutrientes e, na região da Chapada Diamantina, esta vegetação assumir posição ocasionalmente a partir de 700 metros e, na maioria das vezes, altitudes superiores a 900 metros (EMBRAPA, 2021), assim como pode ser observado no perfil topográfico.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos, embora tenham pouca abrangência no perfil da área, é perceptível que a sua presença esteja associada e localizada entre os Latossolos Amarelo e Vermelho-Amarelo. Os Argissolos Vermelho Amarelos, em sua maioria no Brasil em um contexto geral, tiveram um desenvolvimento em rochas cristalinas ou que de algum modo obtiveram influência destas, podendo ser identificados através do seu teor de argila que são altos nos horizontes subsuperficiais, horizonte B, além disso tratam se de solos profundos ou muito profundos, bem estruturados e medianamente drenados (EMBRAPA, 2021). Este tipo de solo, no geral, encontra-se em distintas condições climáticas e de material de origem, no caso da Chapada Diamantina esses fatores podem proporcionar variadas formações vegetais, a depender da própria estrutura do solo, da disposição da vertente e os fatores climáticos. No entanto, a formação desse tipo de solo, está relacionada, na maioria das vezes, a uma geomorfologia mais acidentada e dissecada (EMBRAPA, 2021). Nesse caso, este tipo de solo localizado entre Mucugê e Lençóis pode ser considerado como um material retrabalhado de outros tipos de solos, proveniente dos Latossolos presentes ou outros tipos de solos.

Além dos Argissolos, os Latossolos Amarelos também apresentam essa característica de acumular argila em seu horizonte, contendo textura argilosa e muito argilosa (EMBRAPA, 2021). A interação entre estes dois tipos de solos pode estar relacionada à declividade do terreno, fator este que auxilia na reconfiguração dos horizontes pedológicos e também proporciona transformação de cada um deles no decorrer do tempo.

5. Considerações Finais

A discussão entre as relações pedogênese e morfogênese se deu desde as contribuições dos geógrafos russos, e ainda sim, existem muito o que se discutir. Em tese, analisar esta discussão no contexto da região Nordeste do Brasil na Chapada Diamantina, a qual configura uma das localidades mais antigas em termos geográficos, a interpretação dos processos pedogenéticos que ocorrem nessas áreas é de magnífica importância.

A formação geomorfológica da Serra do Sincorá é constituida por um planalto com estruturas dobradas e subhorizontais com uma marcante expressão erosiva. Consequentemente gerou uma variação pedológica que é o caso dos Neossolos, Latossolos e Argissolos analisados.

O condicionamento dessa distribuição pedológica não dissocia a relação geológica e geomorfológica. Sabe-se também que cada formação se diferencia através de condições naturais adversas, a mesma ainda contribui para a formação vegetal da área, como a presença de campos rupestres em partes mais altas, como também outras formações em outros compartimentos mais dissecados.

O mesmo é indicado em relação a distribuição dos horizontes de cada tipo de solo, a topografia juntamente com os processos pedogenéticos em si é primordial para esta distribuição. Entretanto, vale destacar que apesar de poucas, existem em outras discussões científicas que certas feições pedológicas também podem redefinir a estrutura do modelado, entende-se também que, no entanto,

devem ser considerados que as relações morfogênese-pedogênese não são apenas hierárquicas, os processos os quais envolvem as vertentes precisam de uma análise integrada e correlacionada com os seus fatores, assim como podem ser abordadas quando entende-se por sistemas de transformação em pedologia.

Com base nesses precedentes, fica claro que há muito o que se discutir e aprofundar sobre estas questões, principalmente no sentido pedogenético. Vale destacar que o uso das geotecnologias para traçar técnicas como toposse-quência são muito úteis para a compreensão da distribuição espacial dos solos em questão.

Agradecimentos

Agradeço aos Instituto de Geociências da UFBA, aos docentes e colegas do curso de Pós-Graduação em Geografia pela oportunidade de conviver e produzir conhecimento e a FAPESB por fomentar e incentivar na pesquisa.

Referências

BOULET, A. CHAUVEL, A. **OS SISTEMAS DE TRANSFORMAÇÃO EM PEDOLOGIA**. Boletim de geografia teorética., 20(39): 5-20,1990.

BREVIK, Eric C. HARTEMINK, Alfred E. **Early soil knowledge and the birth and development of soil science**. / Catena 83, P. 23–33, 2010**.**

CPRM- Serviço Geológico do Brasil. **Serra do Sincorá, Chapada Diamantina, BA Beleza paisagística e paleopláceres de diamante**. Augusto J. Pedreira1 SCHOBBENHAUS, C. / CAMPOS, D.A. / QUEIROZ, E.T. / WINGE, M. / BERBERT-BORN, M., SIGEP 85. disponivel em: http://sigep.cprm.gov.br/sitio085/sitio085.pdf. Acesso em 10/05/2021.

CPRM. **Parque Nacional da Chapada Diamantina-BA: Informações básicas para a gestão territorial**. Projeto Chapada Diamantina- Salvador, 1994.

EMBRAPA**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª edição revista e ampliada- Embrapa, Brasília, DF 2018.

EMBRAPA. **Campo Rupestre**. Disponível em: https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado/campo-rupestre. Acesso em 10/05/2021.

EMBRAPA. **Neossolos.** Disponivel em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_16_2212200611542.html. Acesso em 10/05/2021.

EMBRAPA. **Latossolos** vermelhos-amarelos. Disponivel em:https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html. Acesso em 10/05/2021.

FROVOLA, M. **A paisagem dos geografos russos: a evolução do olhar geografico entre o século XIX e XX**. R. RA ²E GA, Curitiba, Editora UFPR, n. 13, p. 159-170, 2007.

JENNY, H. **Factors of soil formation**, New York: MaGraw-Hill Book Inc., 1941.

NASCIMENTO, Nádia Regina. **Sistemas de transformação pedológica de solos lateríticos com couraça ferruginosa em silcrete e/ou planossolo: aplicação a cartografia da pedo-morfologia do médio Vale do Rio Paramirim – Bahia.** Instituto de Geociências, São Paulo, 1993.

PAIM, Geovana Freitas. **O USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE MUCUGÊ-BA.** V Simpósio Nacional de Geomorfologia, I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, UFSM- RS, Agosto de 2004.

QUEIROZ NETO, J. P. **RELAÇÕES ENTRE AS VERTENTES E OS SOLOS: REVISÃO DE CONCEITOS**. Revista Brasileira de Geomorfologia - v. 12, no 3, 2011.

QUEIROZ NETO, J. P. **Geomorfologia e Pedologia.** Revista Brasileira de Geomorfologia- V. 1, Nº . 2000, 59-67.

KER, João Carlos. **Latossolos do Brasil: Uma revisão.** Geonomos, 5 (1):17- 40, 1997.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Macroformas do Relevo da América do Sul Relief Macroforms of South America.** REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Universidade de São Paulo- ISSN 2236-2878 Volume 38, 2019.

RUBIRA, Felipe Gomes. **SISTEMAS PEDOGEOMORFOLÓGICOS NA INTERPRETAÇÃO DA EVOLUÇÃO DE PAISAGENS QUATERNÁRIAS EM CLIMAS**

TROPICAIS ÚMIDOS. Mercator, Fortaleza, v. 18, e18020, 2019.

SAADI, Allaoua. **Modelos morfogenéticos e tectônica global: Reflexões consciliatórias.** GEONOMOS, 6 (2) 55-62, janeiro 1998.

SAMPAIO, Teodoro. **O rio São Francisco e a Chapada Diamantina.** Org. José Carlos Barreto de Santana. - São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

SILVA, Alexandre Christófaro. **Dinâmica da cobertura pedológica de uma área cratônica do sul de Minas Gerais.** Piracicaba-SP, (tese doutorado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 1997.

SCHAEFER, C. E. G. R. **Bases físicas da paisagem brasileira: estrutura geológica, relevo e solos. Tópicos em ciência do solo.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 1-69, 2013.

TRICART, Jean. A**s relações entre a morfogênese e a pedogênese**. Notícia Geomorfológica, Campinas, 8 (15): 5-18, Jun, 1968.

VOLKOFF, B. **Organisations régionales de la couverture pédologique du Brésil**. Chronologie des différenciations. Cah. ORSTOM, sér. PtWol., vol. XXI, no 4, 1984-1985 : 225-236.

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS DE UM SEGMENTO EM ZONA DE TRANSIÇÃO DE ALTO À MÉDIO CURSO DO RIO ARAGUARI – ESTADO DO AMAPÁ

Ricardo Castro da Silva
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP
BAIRRO: Centro. CEP: 68903-329
E-mail: ricardocastroap19@gmail.com
Iani da Silva Magalhães
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP
BAIRRO: Buritizal. CEP: 68903-329
E-mail: ianimglhs@gmail.com
Eliakim dos Santos Silva
Prefeitura Municipal de Ferreira Gomes – P.M.F.G
BAIRRO: Centro. CEP: 68915-000
E-mail: eliakimgeografia@hotmail.com

Resumo

Este artigo apresenta aspectos geoambientais presentes em um segmento do rio Araguari, em área de transição de alto à médio curso. O objetivo principal é promover a disponibilização de informações para a região, enfatizando de forma específica as características físicas e ambientais presentes na área, bem como o contexto atual do uso e ocupação do solo local. Para a recuperação dos dados, além da análise do material bibliográfico disponível sobre a temática estudada, houve levantamentos em campo para a obtenção de dados geoespaciais, além de registro fotográfico de feições, processos e fatores relevantes ao estudo. Espera-se que a disponibilização dos dados desta pesquisa possam colaborar com a consolidação de redes de monitoramento locais e fomentar estratégias de planejamento e/ou mitigação de impactos observados em diferentes pontos da bacia hidrográfica derivados da construção de empreendimentos hidrelétricos na região.

Palavras-chave: Caracterização geoambiental. Rio Araguari. Estado do Amapá. Amazônia.

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são consideradas unidades de análise e planejamento urbano-ambiental permitindo avaliar características naturais e socioeconômicas importantes ao ordenamento territorial, bem como possibilitam a avaliação de fenômenos derivados da interação da dinâmica natural desses sistemas, como as alterações promovidas pela implementação de atividades antrópicas nestes locais (CUNHA, 2001; BOTELHO; SILVA, 2012). No interior destas bacias, é possível identificar regiões marcadas por características homogêneas, com eventual ocorrência de enclaves distintos de aspectos relacionados ao meio físico e ao uso e ocupação do solo local. O conjunto dessas áreas é denominado por Mateo-Rodriguez et al. (2004) como unidades geoambientais, em que a disposição sistêmica das mesmas possibilita a análise da dinâmica incidente sobre o arranjo total que, embora compartimentado, exibe múltiplas relações integradas (BERTALANFFY,1973).

Conhecer as diferentes características que perfazem os limites destas unidades é essencial ao planejamento ambiental e à otimização das atividades humanas implementadas nestes espaços, uma vez que a negligencia para com a consideração das condicionantes e potencialidades dos espaços receptores de transformações em curto, médio e longo prazo, tem sido responsável pela deflagração de impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade, prejudicando o aproveitamento adequado de serviços ambientais, como observado por Santos (2004).

No caso da bacia hidrográfica do rio Araguari – Amapá, alguns trabalhos têm elucidado o contexto de características, transformações e problemáticas diversas apresentadas ao longo dos anos para o referido local, principalmente no contexto da implementação de barramentos em um trecho específico no curso médio deste rio.

Para o curso médio, destacam-se os trabalhos de Pantoja e Andrade (2012), Espírito Santo (2018), Santos et al. (2017) e Silva (2017) que versam, respectivamente, sobre surtos de endemias (malária) derivados de alterações no uso e ocupação do solo na região após a construção de hidrelétricas, sobre características da Geodiversidade local que tornam-se um atrativo ao geoturismo mas tem sido ameaçadas por atividades impactantes, considerações sobre o declínio de atividades pesqueiras no rio Araguari após a construção de barramentos no local, bem como comprometimento da renda dos pescadores e episódios de morte de peixes, além de aspectos sobre processos de solapamento pontual de terraços fluviais.

No curso inferior do rio, por sua vez, destacam-se os trabalhos de Santos (2012) e Santos et al. (2009) que respectivamente tratam da variação espacial e sazonal de parâmetros relacionados à qualidade da água na foz da bacia em sua confluência com o Oceano Atlântico, e sobre variações do uso e ocupação do solo na região de foz através de análises de dados orbitais multisensores.

Dessa forma, esta pesquisa vem sendo desenvolvida com o principal objetivo de realizar o levantamento e disponibilização de dados sobre as características geoambientais de um segmento do rio Araguari, em zona de transição do alto para o médio curso, entre a base da Floresta Nacional do Amapá situada na confluência do rio Araguari com o rio Falsino à montante, e a sede local do Município de Porto Grande à jusante, embora limite-se também pelo território do município de Ferreira Gomes em seções da margem esquerda do leito fluvial.

Espera-se com isso, subsidiar estudos que vem sendo realizados na área e, ao mesmo tempo, estimular a realização de pesquisas neste trecho, visando contribuir com uma caracterização mais detalhada do local e a disponibilização destes dados para que: colaborem com a consolidação de redes de monitora-

mento; e fomentem estratégias de planejamento ou mitigação dos efeitos já observados em diferentes pontos da bacia hidrográfica derivados da construção de empreendimentos hidrelétricos na região.

2. ÁREA DE ESTUDO

No estado do Amapá, o rio Araguari tem recebido destaque nos últimos anos pela construção de empreendimentos hidrelétricos de grande porte em seu médio curso, e a manifestação de impactos socioambientais diversos (BELÉM; CABRAL, 2019; CORRÊA, 2018; SANTOS et al., 2017), porém observa-se ainda que os dados para a área são escassos, dificultando estudos específicos, e o planejamento de ações mitigatórias eficazes que contemplem as diferentes características do universo estudado.

O rio Araguari (Figura 1) é o rio principal da maior bacia hidrográfica do Estado do Amapá, com aproximadamente 617 km de comprimento, índice de drenagem na ordem de 0,955/km, sendo sua nascente proveniente de cotas topográficas próximas à 450 acima do nível do mar (CUNHA,2004).

O Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – IEPA (2008), explica que trata-se de um complexo sistema hidrográfico com características fluviolacustres, cuja nascente situa-se no interior do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, o maior Parque Nacional do Brasil e uma das maiores áreas do mundo de florestas tropicais. Esta drenagem, no contexto da Plataforma Sul-Americana drena do interior do continente para o Oceano Atlântico, vastas áreas da unidade do Escudo das Guianas, no interior da Província Estrutural da Guiana Meridional, passando ainda em terrenos de cobertura Fanerozóica da Província Estrutural da Bacia Amazônica em sua foz. (CUNHA;GUERRA, 2017).

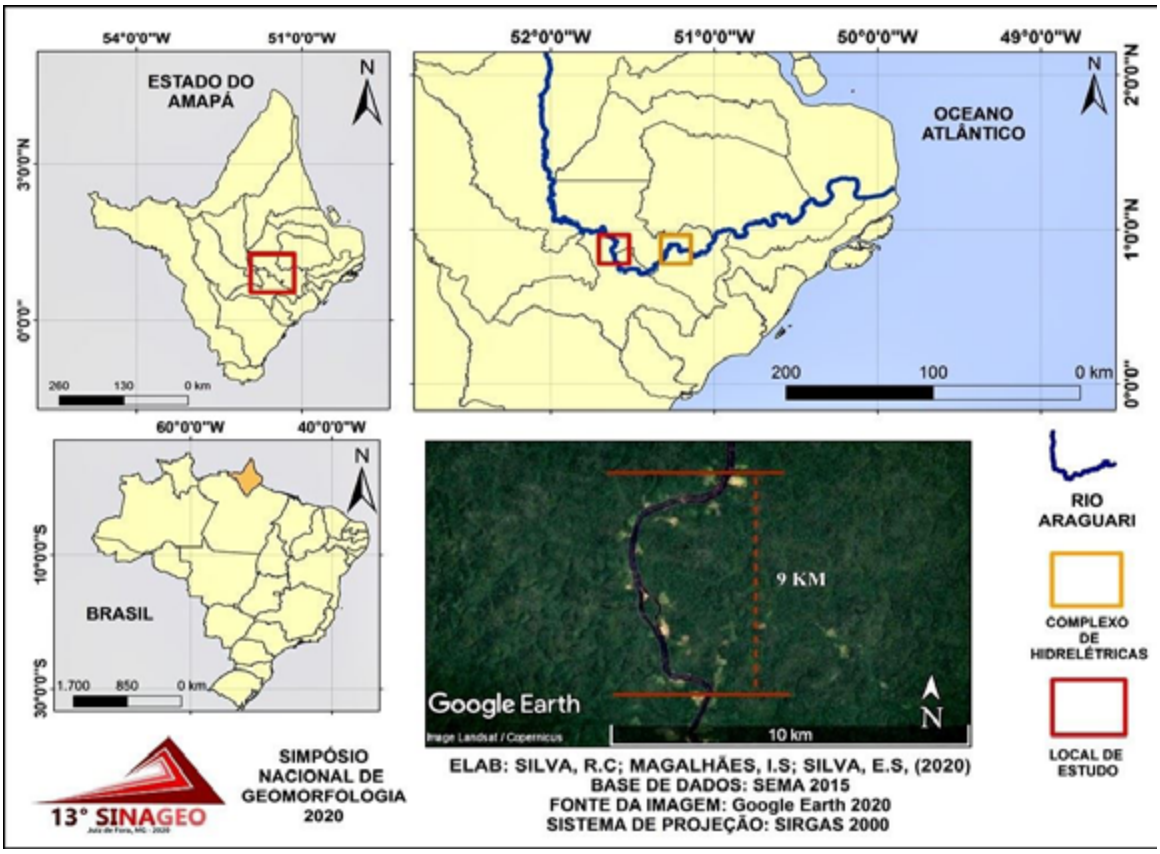


Figura 1: Localização do trecho estudado. Fonte: os autores.

De acordo com Oliveira et al. (2010), na seção longitudinal as características do rio são bastantes distintas em sua subdivisão: alto, médio e baixo curso. No alto curso, onde nasce na Serra do Tumucumaque há seções com evidente controle estrutural e presença de afloramentos no leito fluvial. Na transição do alto ao médio curso, local onde este estudo foi concentrado, aumentam o número de corredeiras que vão diminuindo até o curso inferior, onde passam a predominar terrenos recentes e a presença de *point-bars* e bancos de solapamento (CHRISTOFOLETTI, 1980; IBGE,2004; CPRM, 2013).

Na transição do alto ao médio curso, a presença de desníveis topográficos caracterizados por séries de corredeiras tornou a região em evidência no contexto do potencial energético com uso de barramentos (Figura 2). Dessa maneira, ressalta-se que a dinâmica ambiental na área estudada é influenciada pela ação encadeada de três empreendimentos hidrelétricos de grande porte, considerando a escala de Coelho (2008) para barragens maiores que 15m de altura do vertedouro ao topo.

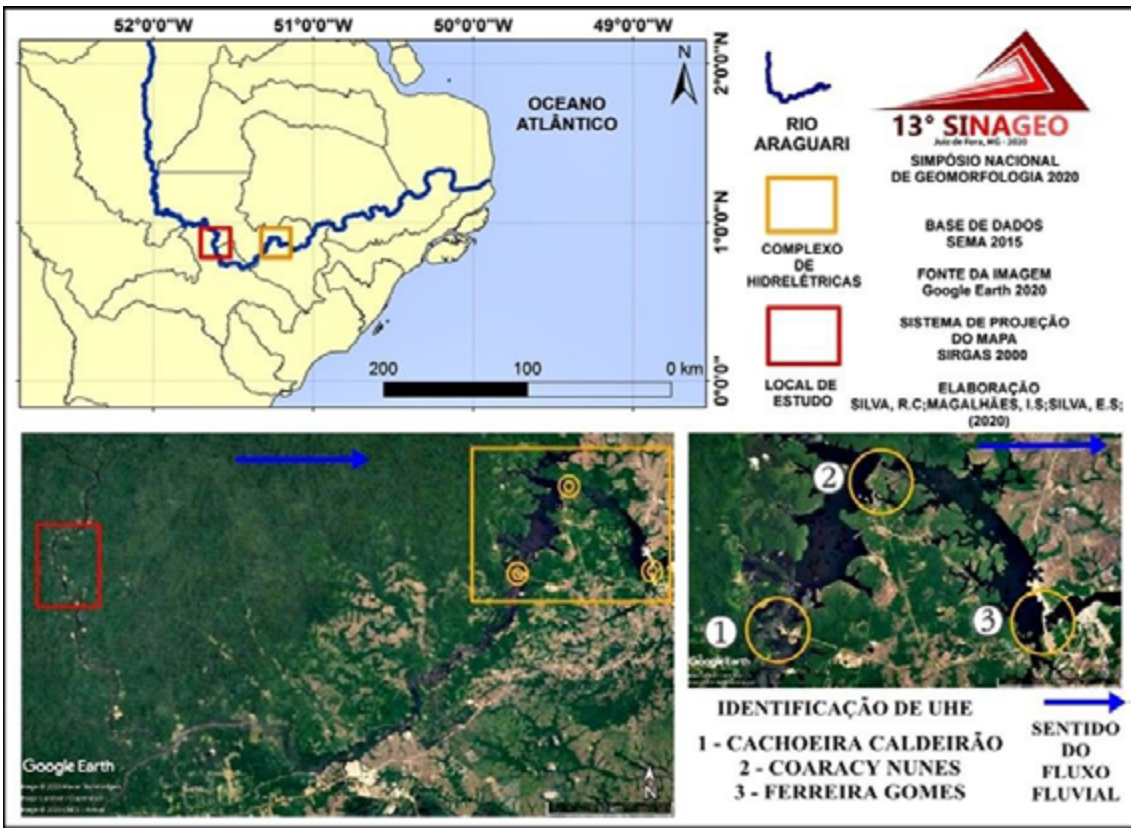


Figura 2: Encadeamento hidrelétrico à jusante do local de estudo. Fonte: os autores.

Destaca-se então na calha fluvial – em ordem temporal de construção - a UHE Coaracy Nunes, inaugurada na década de 1970 e reoperacionalizada em 2012 (ANEEL, 2012; ELETRONORTE, 2004), a UHE Ferreira Gomes com concessão em 2010 (MME, 2010) e operacionalização entre o final de 2014 e início de 2015, e a mais recente e mais próxima do trecho estudado, a UHE Cachoeira Caldeirão com concessão em 2013 (MME, 2013) e operacionalização na transição do ano 2016 para 2017, as quais exibem alto grau de modificação da paisagem, projetando novos arranjos sobre o funcionamento do sistema tal qual apontado por Bertalanffy (1973) e Christofoletti (1980), ratificando assim a justificativa da pesquisa em levantar e disponibilizar dados para auxiliar na consolidação de estudos e estruturação de redes de monitoramento necessários à avaliação das transformações causadas pelas atividades empreendidas no leito do rio, e as respectivas consequências derivadas de tal ação.

3. METODOLOGIA

Este trabalho encontra-se metodologicamente estruturado em quatro fases principais, visando consolidar o objetivo da pesquisa e subsidiar as atividades logísticas de campo, em observância de critérios fundamentais à pesquisa geográfica no âmbito de aquisição de dados sobre características geoambientais, em conformidade às orientações técnicas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. A pesquisa iniciou-se com a recuperação e organização de dados bibliográficos sobre a temática pesquisada e, secundariamente, houve o planejamento e a seleção de critérios para a realização da pesquisa de campo. As demais fases, por sua vezes, foram realizadas para o levantamento de dados no local de estudo, para a análise dos mesmos em tempo posterior, e para a elaboração de produtos cartográficos e iconográficos.

A pesquisa bibliográfica iniciou-se fundamentada na compreensão da abordagem geossistêmica apresentada por Bertalanffy (1973), seguida de levantamento de produtos cartográficos disponíveis que apresentassem informações sobre os aspectos geoambientais da região, como dados sobre geologia, geomorfologia, solos, clima, vegetação e uso e ocupação do solo local. Utilizou-se assim, mapas de IBGE (2004) e CPRM (2013) com escalas definidas respectivamente em, 1:750.000 e 1:250.000 na articulação de folha NA.22-Y-D FOLHA MACAPÁ, além de consulta ao trabalho de Oliveira et al. (2010) para observação de aspectos Hidroclimáticos da área.

Após o levantamento de dados secundários, sobretudo os que disponibilizaram informações ambientais para este estudo, procedeu-se com a organização e definição de critérios para a realização da etapa de campo. Nessa fase, a logística principal foi selecionada, tendo em vista a dificuldade de acesso à área e as condições de permanência em campo para a aquisição das informações. De forma a otimizar o percurso, foram selecionados previamente os possíveis pontos de parada a serem realizados para a tomada de dados iconográficos e geoespaciais, bem como procedeu-se com a delimitação do percurso viável para a execução da proposta de trabalho.

Partindo do porto fluvial na cidade de Porto Grande – Estado do Amapá, com auxílio de embarcações, foi realizado o deslocamento até o trecho estudado no rio Araguari, no início do mês de Fevereiro de 2020. Baseado na execução do planejamento prévio, procurou-se evidenciar ao longo de cinco dias em campo, feições específicas como processos erosivos, afloramentos rochosos, barras fluviais, aspectos fitogeográficos, além de atributos gerais sobre o uso e ocupação do solo local.

Os dados foram compilados utilizando-se organização temática de forma a possibilitar comparações com as informações disponibilizadas por outros autores para a referida região. Com auxílio de técnicas de cartografia, na fase de análise do material procedeu-se com a utilização dos dados geoespaciais coletados para a interpretação de mapas temáticos secundários disponíveis, e para a elaboração de produtos cartográficos, utilizando os softwares QGIS e GoogleEarth Pro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados disponibilizados por IBGE (2004a) e CPRM (2013), demonstram que o trecho estudado exibe geologia marcada por gnaisses bandados provenientes do Complexo Tumucumaque, em terreno Arqueano-Mesoarqueano retrabalhado no Bloco Amapá, ainda que possam estar dispostos em ocorrências adjacentes à calha fluvial delimitada para este estudo, intrusões de sequência metavulcanossedimentares de formações ferríferas, metavulcânicas félsicas e metamáficas-utramáfica com ocorrência de feições provenientes de falhas de

gravidade definida, diques alongados transversais e veios de quarto em seções do canal fluvial, não visualizados por conta do período de cheias, naturais esta época do ano na região. Menciona-se ainda no local a ocorrência de terrenos recentes dispostos em áreas de Formação Barreiras.

A área que acompanha a calha fluvial do segmento delimitado são caracterizados de forma predominante pelo domínio de Embasamentos em Estilos Complexos, na unidade geomorfológica de Colinas do Amapá, apresentando modelados de dissecação fluvial diferencial, com evidente controle estrutural e formas colinosas de topos convexos, declividades suaves, entalhadas por vales pouco profundos. De forma proeminente em seções das margens também ocorrem terrenos pertencente à domínio de Depósitos Sedimentares Inconsolidados na unidade de Planícies fluviais, onde exibem-se modelados de acumulação, com terrenos fluviais levemente inclinados e nítida ruptura de declive em relação ao leito fluvial e às várzeas da mediação (IBGE, 2004b).

Outra consideração importante sobre características geomorfológicas observadas em campo é que, embora o controle estrutural na área avaliada seja marcante, é possível observar certa sinuosidade no canal e a disposição de uma pequena seção de ramificação de canal, conformando uma pequena ilha fluvial. Ao longo desse estilo observado, notou-se ainda o surgimento de bancos de solapamento e *point-bars* (CHRISTOFOLETTI, 1980), sem aspectos abruptos de solapamento basal em longas faixas, porém moderadamente expressados em seções pontuais (Figura 3, G – I). Os baixios arenosos de deposição são bem evidentes durante o período de estiagem na região, sendo denominados pelos habitantes locais como praias.

De acordo com Espírito-Santo (2018), as características físicas do rio Araguari também exibem estruturas de interesse geomorfológico no contexto da conservação da Geodiversidade (Figura 3, A – E). A disposição de geomorfossítios – dentro e fora do canal fluvial – na bacia hidrográfica do rio Araguari evidenciam a necessidade de avaliar como os mesmos tem sido influenciados pela implementação de atividades locais, levando-os à degradação.

Outro fator que chama atenção também, é a presença de enclaves marcados por achados geoarqueológicos. Costa et al. (2016) mencionam que, no bioma amazônico há muitos lugares que apontam para ação antrópica de povos pré-colombianos, e Pereira (2009) menciona que a região amazônica é repleta de sítios arqueológicos, em locais de difícil acesso, que não seriam tão facilmente achados não fosse pela implementação de empreendimentos potencialmente impactantes sobre as paisagens locais, tais como recorte de estradas e, no caso da região em estudo, pela construção de barramentos nas proximidades.

Cabral et al. (2018), Ferreira Gomes (2013), Pardi e Silveira (2005) e Saldanha e Cabral (2016) demonstram que, ao longo da calha do Araguari, há repletas áreas que apontam para sítios arqueológicos, em locais onde há grafismos rupestres (petroglifos) e achados de sítios de habitação, que dão visibilidade à presença de habitantes na região ainda no período pré-colonial, temporalidade atestada com indícios arqueológicos em amplos estudos de Kampf e Kern (2005) na Amazônia Brasileira.

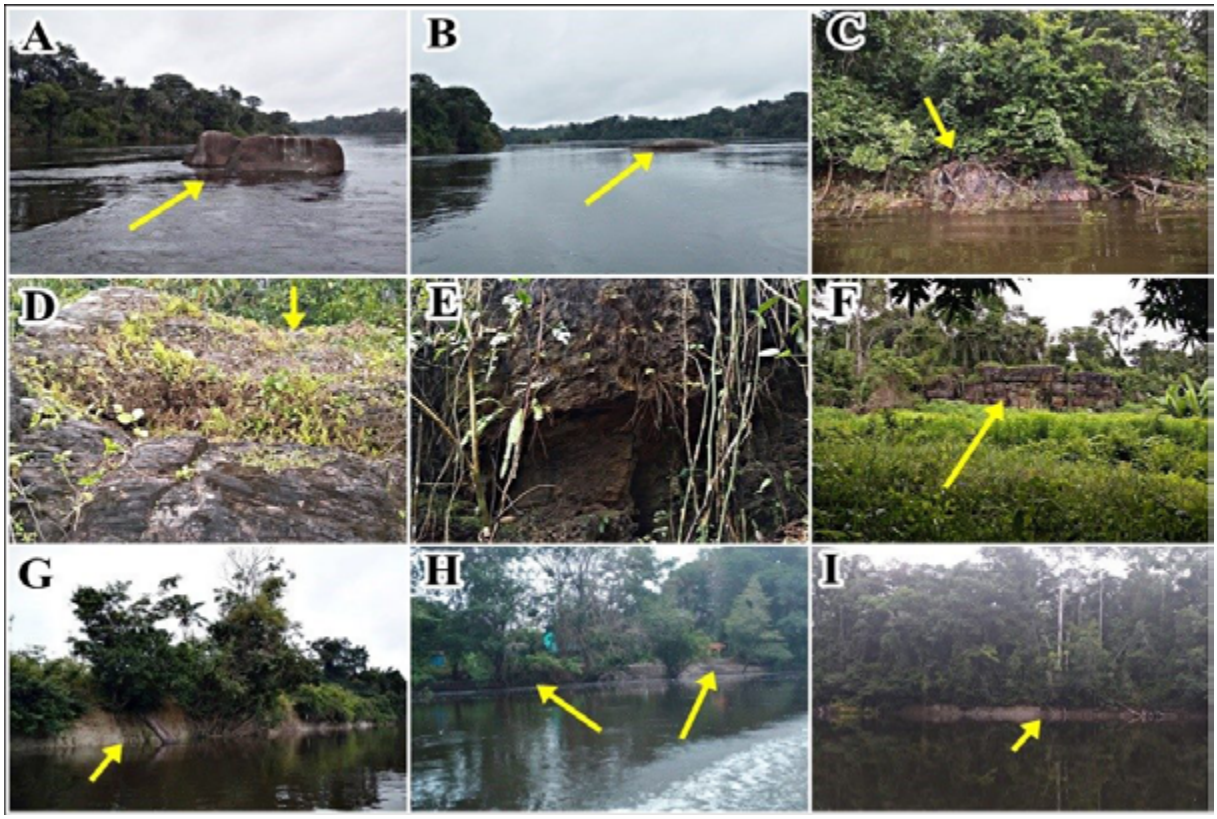


Figura 3: Características físicas do local de estudo. Legenda: De (A) à (E) dizem respeito aos afloramentos rochosos visualizados em campo, sendo (F) o local apontado por populares como cemitério indígena; em (G), (H) e (I) observa-se a exposição do solo nos terraços fluviais. Fonte: os autores.

Na confluência do rio Araguari com o rio Amaparí, em grande proximidade com a área estudada, há indícios que grupos representantes da fase Aruã ocuparam ambas as margens dos rios mencionados, e que teriam sido os primeiros povos ceramistas a entrarem em território estadual, sendo testemunhados por padrões de assentamentos e construção de monumentos megalíticos na região (MEGGERS; EVANS, 1957 apud SILVA, 2016), inclusive sendo relatado pela população local a existência de áreas que conformam cemitérios indígenas (Figura 3 - F).

Demonstra-se então que, em observância da importância destas características supracitadas, quer pelas pesquisas científicas que podem ser desenvolvidas através dos mesmos (geomorfossítios ou sítios arqueológicos), ou pela potencialidade que possuem no contexto de perspectivas de desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis através do geoturismo na região, é importante considera-los na caracterização geológica-geomorfológica no âmbito dos aspectos geoambientais locais, sobretudo, em razão do cenário de grandes alterações promovidas no sistema por meio das alterações ambientais já mencionadas e que podem resultar na degradação dos mesmos.

Durante o levantamento de dados geoambientais para a área estudada observou-se pouca disponibilidade de informações específicas e detalhadas sobre os solos da região. Todavia, Boaventura e Narita (1974) e IBGE (2004c) demonstram que, de maneira geral, os solos locais são caracterizados pela presença de Latossolos Vermelho-Amarelos, associados à Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos e Plintossolos Pétricos Concrecionários. Os autores descrevem que são solos comuns em superfícies de aplainamento dissecadas em colinas, sendo entalhados de forma pronunciada em vales – como o do

Araguari – e nas superfícies mais elevadas do relevo residual, sendo produtos do intemperismo incidente sobre granitos, gnaisses, niigmatitos, xistos, anfibolitos e quartzitos Pré-Cambrianos, ratificando as características encontradas no local de estudo.

O clima local é definido por Oliveira et al. (2010) como Equatorial quente e úmido, com temperaturas do ar e médias pluviométricas que chegam, respectivamente, à 27.5ºC e 2.900 mm/ano, demonstrando que dentre as características geoambientais da área, a disponibilidade hídrica ao longo do ano também é muito relevante. A pesquisa foi realizada em período chuvoso, caracterizado como inverno amazônico, com observação de cheias fluviais atingindo baixos terraços, inundação de várzeas, além de ocorrerem durante esta etapa picos pluviométricos de moderada à fraca intensidade.

A vegetação local da seção delimitada para a pesquisa, localizada em proximidade com os limites da Floresta Estadual do Amapá – FLOTA e da Floresta Nacional do Amapá – FLONA (ICMBIO, 2013), é caracterizada por IBGE (2004d) como pertencente à região de Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial) com formações de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas com dossel emergente na margem esquerda, enquanto que na margem direita é caracterizada pela presença de Floresta Ombrófila Densa Submontana com dossel emergente, encontrando-se áreas de várzea amazônica bem delimitada dispostas ao longo da calha do rio, e em reentrâncias de igarapés e pequenos cursos d'água nas proximidades (Figura 4, A – F).

Boaventura e Narita (1974) explicam que os ecossistemas florestais típicos no Complexo Tumucumaque e no Grupo Vila Nova, são caracterizados pela presença de Quarubas (Vochysia maxima Ducke), Mandioqueiras (Ruizterania albiflora) e Faveiras (Parkia paraensis) como espécies florestais frequentes exibindo elevado potencial madeireiro, com a presença de espécies como Angelim pedra (Hymenolobium petraeum Ducke) e Maçaranduba (Manilkara huberi), ainda que em vales estreitos e profundos, normalmente úmidos, tenham sido observadas características fitofisionômicas de Floresta de Igapó, e Florestas de Várzeas adjacentes com espécies palmáceas do tipo Açaí e Buriti (Figura 4 – F).

Em relação à ocupação, embora tenham sido observados locais de habitação na área, tratam-se de propriedades afastadas uma das outras, predominantemente construídas nos baixos e altos terraços fluviais do rio Araguari para habitação em forma de palafitas (Figura 4, G – I), que são casas construídas de forma suspensa para evitar influência das oscilações do nível do rio no período de cheias, ou em eventos extremos de chuva-vazão, em que pode ocorrer inundação das cotas próximas à calha fluvial de forma repentina com fluxos que variam de moderados à intensos (CUNHA et al., 2014), fenômenos que também podem sofrer influência da dinâmica dos reservatórios de barramentos próximos.

Através de diálogos com moradores locais, observou-se que os mesmos se apropriam destes ecossistemas para exercer atividades de subsistência (Figura 4, J – L) e, as vezes, fornecer insumos comerciais para núcleos populacionais vizinhos como vilarejos e cidades. Estas famílias residentes nas margens do rio Araguari, tradicionalmente conhecidos como povos ribeirinhos, possuem formas de apropriação da natureza nas quais o modo de vida dos mesmos reflete a prática de atividades primárias de caça e pesca, além de cultivo de alguns gêneros alimentares, ainda que alguns destes permita o beneficiamento de derivações, tal como a mandioca (Manihot esculenta Crantz), cujas folhas podem ser transformadas em maniva, utilizada no preparo de pratos típicos, o sumo é transformado em tucupí, líquido muito apreciado em iguarias regionais, e a massa pode ser transformada em farinha torrada ou fécula para o preparo de beijus, tornando-se base da alimentação local.

IEPA (2008) e Filocreão e Silva (2016) também esclarecem que a área de estudo concentra em região adjacente, um módulo de Projeto de Assentamento Rural (PA) de jurisdição do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, situado no território do município de Porto Grande, o qual é denominado de P.A. Manoel Jacinto. Nesse sentido, considerando que as hidrelétricas causam diversos impactos em várias escalas na bacia hidrográfica em que elas estão alocadas (BELÉM; CABRAL, 2019; CORRÊA, 2018; SANTOS et al., 2017), deve-se observar os impactos que as mesmas podem estar gerando aos moradores locais.

Corrêa (2018) observa que a natureza destes impactos observados na atividade de hidrelétricas circunscrevem-se em cinco universos. O primeiro refere-se à intensificação da erosão dos terraços fluviais em razão das alterações nos fluxos de vazão da drenagem, enquanto que há também problemáticas relacionadas às transformações de solos outrora vegetados, que atualmente encontram-se em estágio de inundação, os quais passam a emitir cargas maiores de metano, resultante da decomposição florística. Da mesma forma, delega-se certa atenção às alterações promovidas nas características físicas e químicas da água que, por sua vez podem provocar fortes alterações ecológicas nos ecossistemas aquáticos e terrestres, no interior da bacia e, ainda, consequências derivadas da inundação de florestas e terras com potencial de fertilidade.

Ressalta-se que a análise documental mostrou que próximo à área de estudo há ocorrência de um garimpo abandonado onde anteriormente ocorria a extração de Nióbio e Tântalo (IBGE, 2004a). Ao avaliar o segmento analisado, percebe-se que o mesmo situa-se em distância aproximada de 68 km da Hidrelétrica Cachoeira Caldeirão, 76 km da Hidrelétrica Coaracy Nunes e a 86 km da Hidrelétrica de Ferreira Gomes, ambas com barramentos de grande porte, mostrando que a área então, está sujeita às variações dos reservatórios e das políticas de confinamento e liberação do volume armazenado por ambas.



Figura 4: Características fitogeográficas e socioeconômicas do local de estudo. Legenda: de (A) à (F) características da vegetação local enfatizando, além da floresta ombrófila densa, áreas de várzea; (G), (H) e (I) exibem formas de ocupação na área, a partir dos terraços fluviais; (J), (K) e (L) se referem às atividades de subsistência na área estudada, enfatizando na última imagem um local para fabricação de carvão. Fonte: os autores.

Em observância destes aspectos, nota-se que a construção de barramentos nos rios é uma tarefa que requer rigorosos estudos, e mesmo assim, após sua implementação, muitas mudanças podem ocorrer ao longo da bacia hidrográfica onde a barragem foi edificada, pois a edificação de obstáculos no leito do rio promove a ruptura do equilíbrio longitudinal de toda drenagem, alterando processos de todo o sistema, promovendo diferentes impactos perceptíveis no meio biótico e abiótico em diferentes escalas temporais, sendo necessário o monitoramento destas mudanças locais de forma contínua (COELHO,2008).

Permite-se destacar que a caracterização geoambiental desenvolvida ao longo desta pesquisa (Figura 5) enseja promover um estudo integrado da paisagem a partir dos diferentes arranjos caracterizados, pois a consideração das interações entre as distintas dimensões aqui consideradas, considera a possibilidade da análise da interdependência existente entre os elementos naturais e arranjos antrópicos locais tal como demonstrado por Bertalanffy (1973) e Christofoletti (1980) no contexto da análise de interações geossistêmicas.

SÍNTESE DOS DADOS GEOAMBIENTAIS

SEGMENTO: 9 KM – Trecho de drenagem principal de Bacia Hidrográfica Exorréica

DESCRIÇÃO: Rio Araguari – Bacia Hidrográfica do rio Araguari. Trecho Norte/Nordeste - Bacias hidrográficas do Atlântico Norte – Sub-Bacia n.º 30 - Sistema de Monitoramento Hidrológico da Agência Nacional de Águas – ANA;

ABRANGÊNCIA DA ÁREA: Municípios de Porto Grande/Ferreira Gomes – Estado do Amapá

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA SEÇÃO ESTUDADA

LIMITE À MONTANTE: 0°53'1.32"N 51°36'20.97"O
LIMITE À JUSANTE: 0°49'41.90"N 51°36'23.78"O

ASPECTOS	CLASSIFICAÇÕES OFICIAIS	OBSERVÇÕES EM CAMPO
GEOLOGIA IBGE (2004a)[1] CPRM (2013)[2]	PPvn – Grupo Vila Nova; APPtu – Complexo Tumucumaque; TQb – Grupo Barreiras;[1] PP2vn – Grupo Vila Nova; PP2vnsm – Formação Santa Maria do Vila Nova; PP2γam – Granito Amaparí; A4gu – Complexo Guianense;[2]	Corredeiras; Afloramentos em fundos de vale e em topos de vertente;
GEOMORFOLOGIA IBGE (2004b) IEPA (2008) ESPÍRITO-SANTO (2018)	294Atf1 – Unidade de Planícies Fluviais - Domínio de Depósitos Sedimentares Inconsolidados; 202Dc42 –Unidade de Colinas do Amapá - Embasamento em Estilos Complexos; Sistema hidrográfico Fluviolacustre; Geomorfossítios (Corredeiras e afloramentos no exterior do canal fluvial);	Point-Bars; Bancos de solapamento; Ramificação de canal fluvial; Faixas de solapamento de baixos terraços fluviais;
GEOARQUEOLOGIA PARDI;SILVEIRA (2005) SALDANHA;CABRAL (2016), SILVA (2016).	Petroglifos (grafismos rupestres) – Área adjacente; Sítios de Habitação Vila Nova/Araguari; Achados representantes da Fase Aruã;	Relatos de achados de fragmentos cerâmicos por moradores da região; Relato de um provável cemitério indígena próximo à um afloramento na margem do rio;
SOLOS IBGE (2004c)	LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico típico + ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico;	Saprólitos em topos de colina e em fundo de vales; Reentrâncias de igarapés e várzeas com material orgânico superficial depositado;
CLIMA OLIVEIRA et al. (2010).	Equatorial quente e úmido; Médias térmicas e de precipitação de 27.5ºC e 2.900 mm/ano;	Campo realizado em período chuvoso – Fevereiro; Céu nublado; Chuva fraca durante o levantamento;
VEGETAÇÃO BOAVENTURA;NARITA (1974) IBGE (2004d)	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas com dossel emergente; Floresta Ombrófila Densa Submontana com dossel emergente;	Terraços vegetados por espécies endêmicas; Espécies introduzidas próximas às casas; Várzeas com dispersão de espécies palmáceas;
POPULAÇÃO FILOCREÃO;SILVA (2016)	Módulo de Projeto de Assentamento Rural (PA) – INCRA;	Poucas unidades de habitações residenciais em palafitas;
ATIVIDADES ECONÔMICAS IBGE (2004a) FERREIRA GOMES (2013) ICMBIO (2013) IEPA (2008)	Atividade de garimpo em desuso em área próxima; Hidrelétricas à jusante; Módulos de Exploração madeireira;	Exploração de subsistência de agricultura, caça e pesca; Fabricação de carvão vegetal;

Elaboração: CASTRO, Ricardo; MAGALHÃES, Iani; SILVA, Eliakim. (2020)

Figura 5: Síntese dos dados Geoambientais da área de estudo: Características físicas, fitogeográficas e socioeconômicas. Fonte: os autores.

Tais análises, resguardam sua importância na incorporação de ações de planejamento urbano-ambiental para a região avaliada, visando não apenas considerar, monitorar e destacar os impactos ambientais observados nos limites da bacia hidrográfica devido às fortes alterações implementadas próximas ao local de estudo nos últimos anos, mas para também orientar e apresentar os diferentes limites e potencialidades para o uso sustentável dos recursos naturais na região.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida na área considerada neste artigo apresentou diferentes características geoambientais, sendo algumas já consideradas em levantamentos pretéritos, e outras apresentando algumas novas observações as quais destacaram zonas e/ou fatos de enclaves, exibindo características diversas ainda não descritas em estudos mais recentes.

Notou-se que, apesar da área em questão situar-se em uma região afetada pelo impacto dos barramentos construídos no leito do rio para geração de energia elétrica, destacou-se a existência de outros elementos que podem tornar a região atrativa ao desenvolvimento de outras atividades socioeconômicas, embora atualmente as perspectivas locais apontem para um brando cenário de ocupação antrópica e de atividades primárias de subsistência.

O potencial geológico da área, bem como o potencial fitogeográfico, ressaltam a necessidade de que maiores levantamentos sejam realizados, de forma a viabilizar a consolidação de análises mais profundas sobre o cenário aqui delineado, visando melhor planejar atividades locais buscando a sustentabilidade das ações tomadas, ou mitigar os efeitos dos impactos já manifestados na área em questão e que podem prejudicar as potencialidades locais que, eventualmente, podem se tornar um meio de desenvolvimento na região.

No que tange à dimensão social do local estudado, entende-se que analisar a magnitude desses fenômenos sobre a população local também é essencial e deve fazer parte do rol de estratégias de monitoramento e avaliação das características geoambientais da região, pois acredita-se que o reconhecimento dos diferentes dados que perfazem os limites da área influenciada por atividades impactantes, possam auxiliar na análise das potencialidades e fragilidades da área, frente aos diferentes usos que vem sendo estabelecidos na região ao longo dos últimos anos.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem à Maria Neuziana e Miguel Rodrigues Castro, pelo apoio em receber a equipe na fase de lavamento de dados no local de estudo, fornecendo inclusive insumos para a equipe durante os dias em campo, e também ao Sr. Miguel, transportador que conduziu a embarcação utilizada durante os dias de execução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Contrato de Concessão n. 02/2012 UHE Coaracy Nunes**. Brasília – DF, 2012.

BELÉM, F. L.; CABRAL, J. B.P. Dinâmica da paisagem na bacia hidrográfica da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes–Amapá\ Landscape dynamics in the watersheds of the Ferreira Gomes Hydroelectric Plant–Amapá, Brazil. **Caderno de Geografia**, v. 29, 2019.

BERTALANFFY, L.V. **Teoria Geral dos Sistemas.** Trad. Francisco Guimarães, Petrópolis, Vozes, 1973.

BOAVENTURA, F.M.C; NARITA, C. (org.) **Levantamento de Recursos Naturais – Projeto RADAM – Folha NA/NB 22 – Macapá.** Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. v.6. Rio de Janeiro, 1974.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental**. In: VITTE, Antonio Carlos; Guerra, Antonio. José. Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. 3ª ed. Rio de Janeiro Bertrand Brasil, 2012.

CABRAL, M.P.; SALDANHA, J.D.M.; LEITE, L.F.S.C. Um breve panorama sobre a arte rupestre no Amapá. **Revista Habitus**. Goiânia, v. 16, n.2, 2018.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Blucher, 1980.

CORRÊA, K. **A formação do Complexo hidrelétrico no Rio Araguari**. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Dissertação de Mestrado. Macapá: UNIFAP, 2018.

COSTA, J.; MOURA, H.; MORAES, I. Pedomorfologia de Antrossolos no Município de Macapá, Amapá: resultados preliminares. **Anais do XI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Maringá: Paraná, 2016.

CUNHA, A. C. **Determinação do Coeficiente de Reaeração no Modelo QUAL2E Utilizando as Características Hidráulicas de Canais Abertos para Estudos de Impactos Ambientais no Rio Araguari – AP.** Projeto de Pesquisa CPAQ/IEPA e SETEC/CNPq. Programa Primeiros Projetos. Relatório CNPq. Macapá, AP, 2004.

CUNHA, A. C. (*et al.*) Evento extremo de chuva-vazão na bacia hidrográfica do rio Araguari, Amapá – Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.29, n. especial, São Paulo, p. 95-110, 2014.

CUNHA, S. B. **Bacias Hidrográficas.** In: Geomorfologia do Brasil. 2ª ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia do Brasil.** – 9ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017. 390p.

COELHO, A. L. N. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. **Caminhos de Geografia**. Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia. v.9, n.26, 2008. 17p.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM (Brasil). **Carta Geológica NA.22-Y-D Folha Macapá**. Programa Geologia do Brasil. Brasília:DF, 2013. 1 Mapa. Escala 1:250.000.

ELETRONORTE. **Eletronorte: 30 anos de pura energia brasileira.** (Org.) Ligia Maria Martins Cabral. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2004.

ESPÍRITO – SANTO, C. M. **Geoconservação no estado do Amapá: uma contribuição metodológica do "Valor de Conservação do Solo" para a avaliação da geodiversidade no médio curso do rio Araguari**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. 202p.

FERREIRA GOMES. **Plano Diretor Participativo – Município de Ferreira Gomes**. Prefeitura Municipal de Ferreira Gomes – AP. Ferreira Gomes, 2013. 298p.

FILOCREÃO, A. S. M.; SILVA, I. C.. A política de assentamentos rurais no Estado do Amapá. **PRACS**. Macapá, v. 9, n. 3, 2016.

GOOGLE. **Google Earth**. Website. http://earth.google.com/, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Mapa de geologia do Estado do Amapá.** Rio de Janeiro, 2004a. 1 Mapa. Escala 1: 750.000.

_____. **Mapa de geomorfologia do Estado do Amapá.** Rio de Janeiro, 2004b. 1 Mapa. Escala 1: 750.000.

_____. **Mapa de pedologia do Estado do Amapá.** Rio de Janeiro, 2004c. 1 Mapa. Escala 1: 750.000.

_____. **Mapa de vegetação do Estado do Amapá.** Rio de Janeiro, 2004d. 1 Mapa.Escala 1: 750.000.

INSTITUTO CHICO MENDES PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO (Brasil). **Mosaico Oeste do Amapá e Norte do Pará.** Brasília:DF, 2013. 1 Mapa.

INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ - IEPA. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: primeira aproximação do ZEE.** 3. ed. rev. ampl. Macapá: IEPA, 2008.

KÄMPF, N.; KERN, D.C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade brasileira de ciência do solo. Vol. 4, Viçosa:MG, 2005.

MATEO-RODRIGUEZ, J.M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A.P.B. **Geoecologia das Paisagens: Uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Editora UFC, Fortaleza, Brasil, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Contrato de Concessão n.º 02/2010 – UHE Ferreira Gomes.** Brasília – DF, 2010.

_____. **Contrato de Concessão n.º 01/2013 – UHE Cachoeira Caldeirão.** Brasília – DF, 2013.

OLIVEIRA, L. L. (*et al.*) **Características Hidroclimáticas da bacia do rio Araguari (AP).** Tempo, Clima e Recursos Hídricos: resultados do projeto REMETAP no Estado do Amapá. Alan Cunha, Everaldo Souza e Helenilza Cunha (Org.). Macapá: IEPA, 2010. 216p.

PANTOJA, G. M. T.; ANDRADE, R. F. Impactos socioambientais decorrentes dos projetos hidrelétricos na bacia do rio Araguari: do aumento populacional à disseminação da malária. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 4, Macapá, 2012. pp. 61-74.

PARDI, M.L.F.; SILVEIRA, O. Amapá: Gestão do Patrimônio Arqueológico e O Programa Estadual de Preservação. **XIII Congresso da Sociedade Brasileira de Arqueologia**. Campo Grande: Mato Grosso do Sul, 2005. 34p.

PEREIRA, E. O Museu Goeldi e a pesquisa arqueológica: um panorama dos últimos dezessete anos (1991-2008). **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**. Ciências Humanas, Belém, v.4, n. 1, 2009.

SALDANHA, J.D.M.; CABRAL, M.P. O Estuário do Amazonas Revisitado: recentes pesquisas junto ao canal norte.**Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico/UFMG**. Belo Horizonte. v.1, n.1, 2016.

SANTOS, E.S. **Modelagem hidrodinâmica e qualidade da água em região de pororoca na foz do rio Araguari-AP.** 96f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2012.

SANTOS, E. S.; CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F. A. Usina Hidrelétrica na Amazônia e Impactos Socioeconômicos sobre os pescadores do Município de Ferreira Gomes – Amapá. **Ambiente & Sociedade.** São Paulo, v. XX, n. 4, 2017.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental -** teoria e prática. São Paulo: Oficina de textos, 2004. 184p.

SANTOS, V. F. (*et al.*) Aplicação de dados multisensor (SAR e ETM+) no reconhecimento de padrões de uso e ocupação do solo em costas tropicais – Costa Amazônica, Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, p. 39-55, 2009.

SILVA, E**. Dinâmica dos processos erosivos na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes – Amapá.** Dissertação de mestrado – Programa de PósGraduação em Desenvolvimento regional. Fundação Universidade Federal do Amapá. 2017. 149p.

SILVA, M.B.F. **Aldeias e organização espacial dos povos produtores da cerâmica Aristé: contribuições para a Arqueologia das unidades Habitacionais da Costa atlântica do Amapá.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2016.

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA EM AQUÍFERO CÁRSTICO NO CERRADO BRASILEIRO

André Silva Tavares
Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília-DF | CEP 70910-900
E-mail: andresttavares@gmail.com
Rogério Elias Soares Uagoda
Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília-DF | CEP 70910-900
E-mail: rogeriouagoda@unb.br

Resumo

Amostras de água superficial e subterrânea foram coletadas em um sistema cárstico onde alterações na cobertura vegetal nativa deu origem a áreas agropecuárias degradadas em meio aos afloramentos dos carbonatos. Um desnível topográfico negativo acentuado na intersecção dos Grupos Urucuia e Bambuí permite que águas dos arenitos tributam para a região dos carbonatos. Essa recarga natural eleva o potencial hídrico e é favorável a viabilização de projetos de irrigação, diante dos baixos índices pluviométricos e mananciais de com baixa vazão. Portanto, analises físico-químicas em rios, poços e cavernas foram realizadas nos períodos de seca e cheias. Os resultados indicaram que a composição química reflete a compartimentação estrutural dos aquíferos. A diluição química nos períodos de cheia reduziram os valores de pH e podem estar associados a contribuição de águas do aquífero superior. No entanto, um monitoramento permanente é necessário para dar suporte à explotação sustentada na região.

Palavras-chave: Geomorfologia Cárstica. Qualidade da Água. Bioma Cerrado.

1. Introdução

O cárste é uma paisagem em que o intemperismo químico, por meio da dissolução da rocha, determina as formas do relevo. Tal processo gera em superfície um terreno de depressões fechadas, drenagens descontínuas e sistemas de drenagens subterrâneas. Com a combinação da alta solubilidade da rocha e porosidade secundária (subterrânea) bem desenvolvida o cárste evolui para formas de drenagem singulares, com fraturas alargadas e descontinuidades (WHITE, 1988).

A interação entre água-rocha, independentemente da composição mineral da rocha, pode sofrer dissolução dependendo da condição e ambiente específico. Em temperatura elevada a dissolução é mais lenta, devido a quantidade de gás carbónico retido na água. Apesar disso, em regiões tropicais a vegetação compensa esta relação, devido a maior quantidade de gás carbónico produzido (MOURA, 1990). Logo, aquíferos cársticos são sensíveis a pequenas alterações na superfície, visto que dualidades na dinâmica de armazenamento de água, como a infiltração difusa/lenta nos microporos e concentrada/rápida nas fraturas, e fluxo rápido/turbulento nos condutos subterrâneos, torna-os ambientes mais susceptíveis a poluição por diferentes fontes (FORD; WILLIAMS, 2007).

No processo de evolução da paisagem cárstica, na dissecação do relevo, a água carrega informações relevantes sobre o tipo, a quantidade e qualidade material transportado, podendo revelar aspectos importantes do funcionamento do aquífero, em termos de poluição e vulnerabilidade diante das mudanças climáticas (HARDT, 2011). Assim, os constituintes presentes na água estão sujeitos a uma serie de processos e reações, com influência de fatores endógenos e exógenos ao sistema, como processos de dissolução progressiva de minerais do aquífero, reações de troca catiônica, mudanças nas condições de oxi-redução, infiltração de águas provenientes de outras unidades aquíferas ou de recarga da própria chuva (CPRM, 2007).

No contexto deste estudo, uma região entre o Oeste do Estado da Bahia e o Nordeste do Estado de Goiás ocorre um desnível topográfico negativo acentuado na intersecção entre os arenitos (Grupo Urucuia) e os carbonatos (Grupo Bambuí), interligados nas escarpas da Serra Geral de Goiás. O caminho dessa intersecção contém sedimentos residuais colúvio-eluvionares sustentados por coberturas detríticas arenosas tércio-quaternárias, até os níveis mais baixos, onde as rochas carbonáticas e pelítico-carbonáticas do Grupo Bambuí são expostas (GASPAR; CAMPOS, 2007).

Na região em questão, sobretudo no Oeste Baiano, ocorreram mudanças expressivas no uso e ocupação da terra a partir da década de 1980, devido a supressão da vegetação nativa do Cerrado e a expansão do agronegócio, com destaque para os cultivos de soja, milho, sorgo e algodão. Nas últimas duas décadas, com o uso de irrigação, tecnologias e insumos agrícolas em larga escala, foi constatado o aumento dos níveis de degradação dos solos na região (PIMENTEL et al., 2011).

De tal modo, Faquim et al. (2017) descreve que o aquífero superior (Urucuia) contribui, devido ao desnível topográfico, com nascentes e condutos subterrâneos que fluem para os patamares aplainados no sopé da Serra Geral, alcançando os afloramentos de calcários da Formação Lagoa do Jacaré. Essa recarga natural nos calcários puros, fraturados e carsificados do Bambuí, eleva o potencial hídrico subterrâneo e é favorável a viabilização de projetos de irrigação agropecuária, diante dos baixos índices pluviométricos e mananciais de superfície com baixa vazão.

Nesse sentido, a discretização de amostras de água para a análise geoquímica permite avaliar sinais de qualidade e/ou origem das águas conforme os principais componentes químicos. Logo, este estudo teve como objetivo avaliar parâmetros físico-químicos da água entre os Sistemas Aquífero Urucuia (SAL) e Bambuí (SAB), com ênfase na sensível região cárstica, uma vez que a mesma recebe a contribuição de águas advindas das fontes superiores do aquífero Urucuia, ou seja, de uma região de intensiva produção agroindustrial.

Assim, campanhas de coleta discreta de água superficial e subterrânea em períodos de seca e cheias foram realizadas entre os anos de 2018 e 2021. As amostras foram coletadas em rios, poços e cavernas. Os resultados das análises geoquímica e dos parâmetros físico-químicos podem servir de auxilio no planejamento e gestão da Área de Proteção Ambiental Nascentes do Rio Vermelho (APA NRV) (Decreto de 27 de setembro de 2001), responsável pela preservação do patrimônio espeleológico da região.

2. Área de Estudo

Entre as bacias hidrográficas do rio São Francisco e Tocantins-Araguaia, a bacia do rio Corrente está localizada na região nordeste do Estado de Goiás (Figura 1), na Formação Lagoa do Jacaré (Grupo Bambuí), e entre os divisores topográficos da Serra da Saudade, Formação Três Marias e os Grupos Urucuia e Areado (CPRM, 2008). Em grande parte da bacia há um acúmulo de sedimentos clasto-químicos (rochas carbonáticas) que são favoráveis à carstificação.

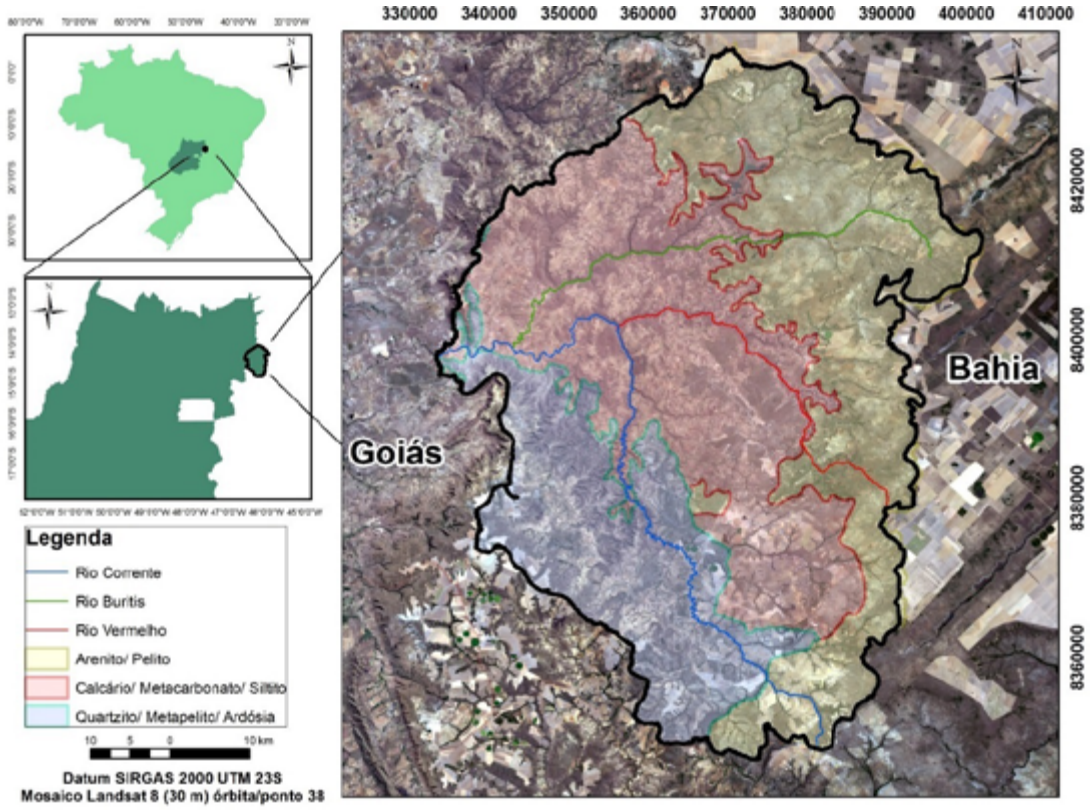


Figura 1: Hidrogeologia da bacia do rio Corrente e seus principais afluentes. Fonte: Autores.

A geomorfologia é composta pelo Chapadão Central (porção superior), originário da superfície Sulamericana que constitui o Grupo Urucuia, formado por arenitos que apresentam sedimentos siliciclásticos inconsolidados, e a porção inferior (Vão do Paranã) com rochas pelíticas intercaladas aos carbonatos da Formação Lagoa do Jacaré (Grupo Bambuí).

Conforme explicitado no decreto de criação da APA NRV (Art. 4° - inciso III), o sistema cárstico da região é sensível a pequenas alterações no uso das terras, e por consequência são proibidas atividades que coloque em risco a erosão das terras, assoreamento dos rios e poluição do aquífero. No entanto, é visto que ocorre uma sucessiva substituição da cobertura vegetal do Cerrado para a produção de pastagens, principalmente próximas aos afloramentos do carbonato, onde a mecanização é inviabilizada.

3. Metodologia

As coletas de água foram realizadas em dezoito rios, dez cavernas e sete poços tabulares (Figura 2). O período amostral foi entre os anos de 2018 e 2021, totalizando três campanhas em cada uma das estações (seca e chuvosa). A escolha dos pontos foi orientada pelas áreas mais acessíveis no transector dos Sistemas Aquífero Urucuia (SAU) e Sistema Aquífero Bambuí (SAB), considerando também as orientações das principais cavernas mapeadas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV).

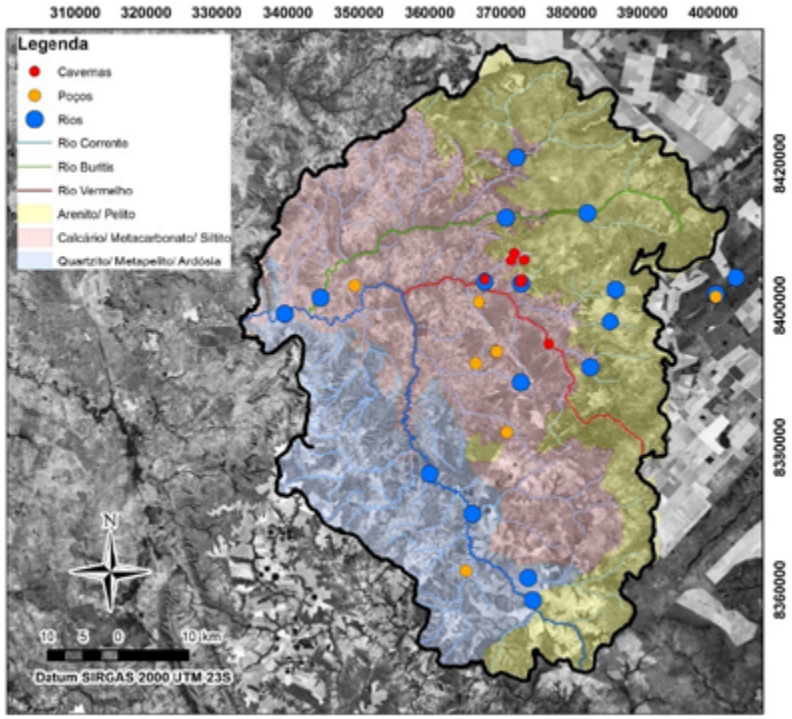


Figura 2: Pontos de coleta das amostras discretas de água na bacia do rio Corrente. Fonte: Autores.

A análise geoquímica foi realizada no Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília, a partir dos procedimentos estabelecidos no "Standard Methods" (ALPHA, 2012). As amostras foram coletadas em frascos, filtradas e conduzidas ao Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) para a identificação dos principais cátions. Os ânions (F^-, Cl^-, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, NO_3^-) foram determinados por meio do Cromatógrafo Iônico modelo "Dionex ICS90".

A alcalinidade (íon bicarbonato) foi obtida pelo Método Titulométrico, utilizando H2SO4 0,02N padronizado com NaOH 0,05N, por meio do titulador automático "Schott" modelo "Titroline Easy", resultando no seguinte cálculo:

$$HCO_{3\_} = \frac{V * M * 61000}{Va}$$

, onde: V = volume de ácido (ml) até pH 4,3; M = molaridade do ácido; Va = volume da amostra (ml). Os parâmetros físico-químicos de Temperatura, pH e Condutividade Elétrica foram medidos em campo através de Sonda Multiparâmetro portátil WTW modelo "Multi350I".

4. Resultados e discussões

O grau de acidez ou basicidade da solução, expressado pelo valor do pH (potencial hidrogeniônico), apresentou uma média de 5,7 nas águas superficiais e 6,1 nas águas subterrâneas, ambas na formação arenítica do platô da Serra Geral, não ocorrendo variabilidade sazonal para os valores encontrados nos períodos de seca e chuvoso. Esses valores são considerados ligeiramente ácidos, como já era esperado encontrar no Grupo Urucuia, devido a composição do substrato com baixa mineralização.

O grupo de amostras de águas superficiais coletadas na transição dos arenitos para os carbonatos apresentaram uma variação maior do pH, entre 6,2 e 8,5, revelando a forte associação com a presença dos carbonatos. Houve variação sazonal nesse grupo de amostras, com valores mais elevados nos períodos de seca em fluxos hora superficiais hora subterrâneos, e menores valores de pH no período chuvoso, o que pode estar associada a contribuição das águas do aquífero Urucuia, devido a maior diluição química.

As águas subterrâneas em cavernas e poços em meio aos carbonatos apresentaram um pH médio de 8,1 e 8,6, respectivamente, indicando um grau de basicidade conforme os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 (pH entre 6,0 e 9,0) para águas doces, não provocando modificações significativas no ambiente aquático, sendo consideradas levemente alcalinas. Não houve variação sazonal para esse grupo de amostras.

A condutividade elétrica, parâmetro relacionado a presença de íons dissolvidos na água (Ca^{+}, Mg^{+}, K^{+}, Na^{+}, CO_3^{2-}, e outros), apresentou variação sazonal no grupo de amostras de águas subterrâneas (poços e cavernas). Nos poços os valores mais elevados foram verificados no período de seca, com variação entre 146 e 540 uS/cm, e variação entre 176,8 e 310 uS/cm no período chuvoso. No único poço tabular amostrado nos arenitos a variação foi entre 3,17 e 3,37 uS/cm. Nas cavernas a condutividade também apresentou variação sazonal, com valores mais elevados no período de seca, entre 116,4 e 388,5 uS/cm, e valores ligeiramente menores no período chuvoso, entre 120,6 e 284 uS/cm.

Os valores reduzidos da condutividade em águas subterrâneas no período chuvoso podem estar relacionados a diluição dos íons de bicabornato na contribuição das águas do aquífero poroso, devido à ausência de sais na formação dos arenitos.

No caso das águas superficiais, não houve variação sazonal para os valores de condutividade, exceto nos rios Vermelho e Extrema, que apresentaram variações significativas. No rio Vermelho os maiores valores de condutividade foram verificados no período chuvoso (108,6 uS/cm), com valores bem reduzidos no período de seca (23,5 uS/cm). O mesmo ocorreu para o rio Extrema no período chuvoso (197,8 uS/cm) e seco (118,3 uS/cm). A dinâmica hora superficial hora subterrânea, com sumidouros e ressurgências, é uma possível explicação para o aumento dos valores de condutividade no período chuvoso, visto que os rios Vermelho e Extrema são abastecidos por afluentes subterrâneos (não rastreados) ricos em íons de bicarbonato (Figura 3).

A ausência ou presença de carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^{-}) e íons de hidróxido (OH^{-}), expressos em termos de íons derivados de carbonatos de cálcio ($CaCO_3$), pode ser indicada conforme as variações dos teores de alcalinidade (mg/L). Esses íons básicos reagem quimicamente com soluções ácidas, ocorrendo a reação de neutralização. A variação média dos teores de alcalinidade das amostras coletadas em rios, cavernas e poços, variaram entre 14,64, 48,8 e 122 mg/L, respectivamente. Uma correlação entre os valores de pH e alcalinidade revelou grupos distintos de água para o grupo de amostras superficiais (rios) e subterrâneas (cavernas e poços),

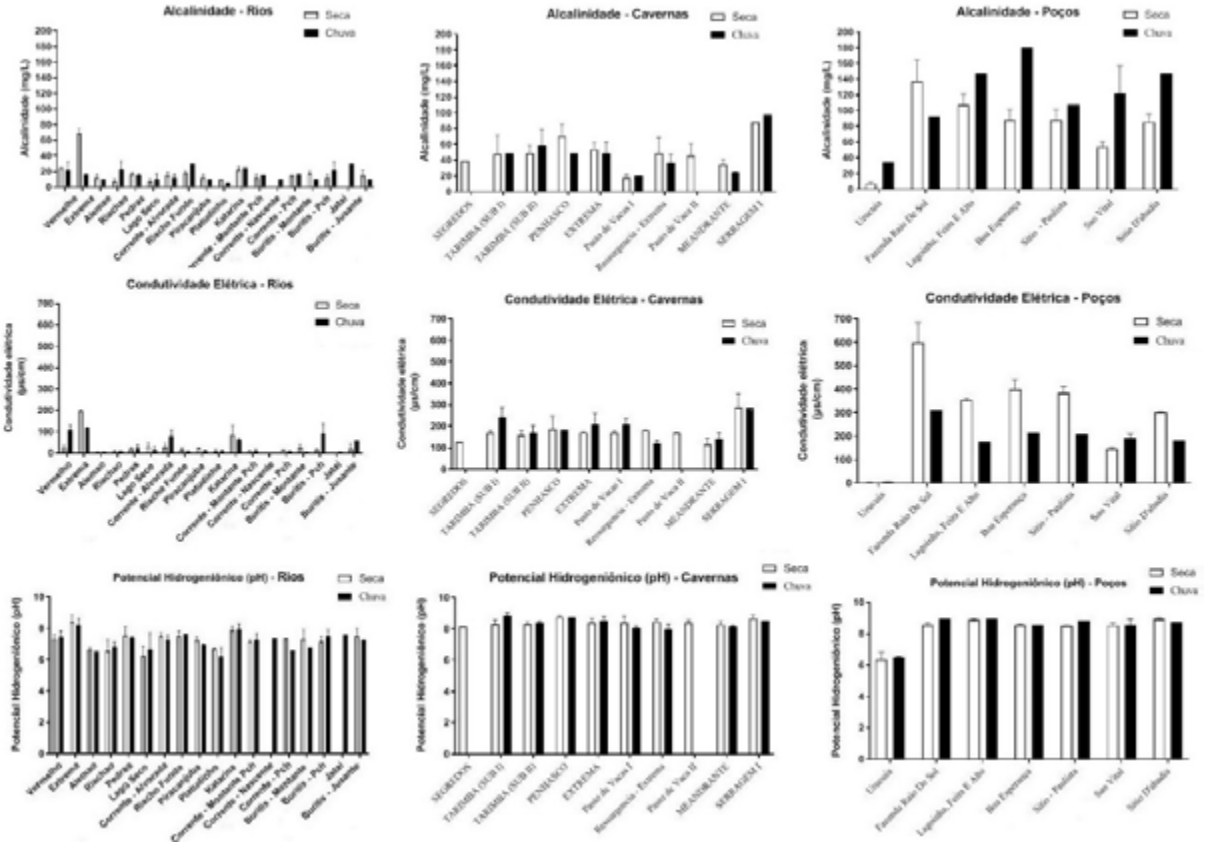


Figura 3: Média das concentrações de alcalinidade, pH e condutividade nas amostras em rios, cavernas e poços, nos períodos seco e chuvoso. Fonte: Autores.

Para representar os distintos grupos de água quanto aos íons dominantes foi utilizado o diagrama triangular de Piper (Figura 4), que ilustra as relações iônicas e permite caracterizar as águas associadas aos diferentes tipos litológicos. Nos três eixos triangulares do diagrama são demonstradas as concentrações dos cátions Ca^{2+}, Mg^{2+} e Na^{+} + K^{+}, enquanto o triângulo de ânions é composto pelos íons Cl^{-}, SO_4^{2-} e alcalinidade (HCO_3^{-} + CO_3^{2-}). Portanto, cada análise resultou em um ponto no triângulo de ânions e outro ponto respectivo no triângulo de cátions, sendo projetados diagonalmente e paralelamente até o seu ponto de interseção no losango central (MIZUNO, 2012).

Os pontos plotados no diagrama refletem o domínio dos íons principais. Os íons de Ca^{+2} foram predominantes, seguido pelo íon Mg^{2+}, classificadas como águas cálcicas bicarbonatadas (CO_3+HCO_3). Os teores elevados de nitratos (NO_3^{-}) e sulfatos (SO_4^{2-}) em alguns pontos amostrados podem estar associados à adubos nitrogenados utilizados no cultivo agrícola, com destaque para as águas superficiais na transição entre os arenitos e os carbonatos, classificadas como sulfatadas ou cloretadas.

As águas subterrâneas (cavernas e poços) os teores de fosfato (PO_4^{3-}) são mais elevados e podem estar associados a lixiviação em áreas cultivadas e dissolução de substâncias húmicas e fúlvicas presentes nos sedimentos aluvionares gerados pela decomposição da matéria orgânica.

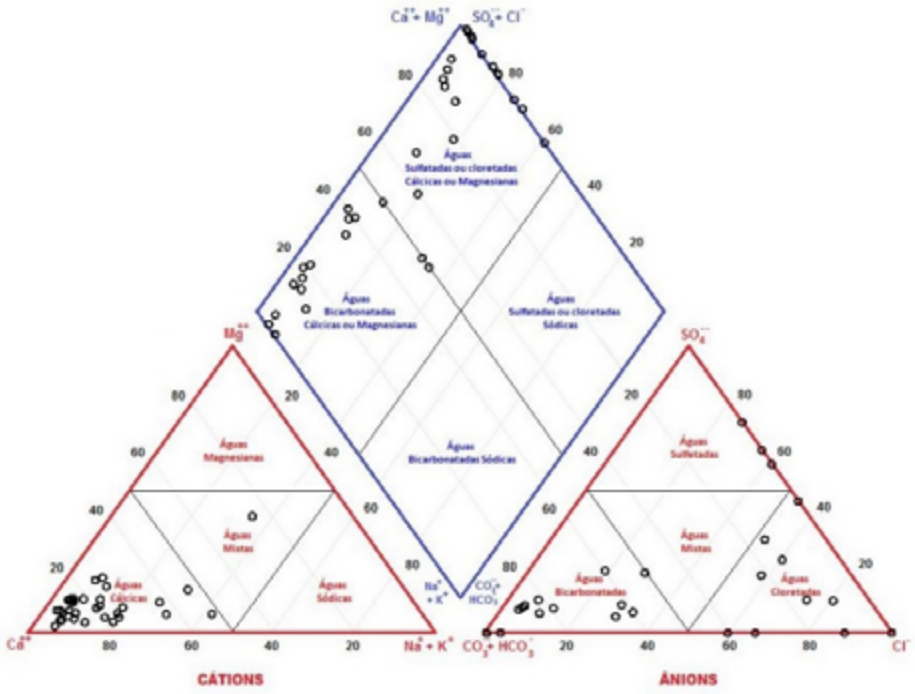


Figura 4: Diagrama de Piper para as amostras de água em rios, cavernas e poços. Fonte: Autores.

Os principais aníons foram destacados na Figura 5. Na distribuição dos pontos as maiores concentrações de ácido nítrico (HNO_3^-) estão nas amostras coletas em cavernas, enquanto o NO_3^- e SO_4^{2-} predominam nas áreas mais elevadas, nos arenitos.

	Pontos Coletados	Cl (mg/L)	NO3	PO4	SO4	HCO3
1	RIO (VERMELHO)	0,59	0,485	<LD	0,34	0,24
2	RIO (EXTREMA)	0,32	1,86	0,06	0,31	4,76
3	RIO (ALEMÃO)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
4	RIO (RIACHÃO)	<LD	0,96	0,13	<LD	0,07
5	RIO (PEDRAS)	0,31	0,965	0,14	<LD	<LD
6	RIO (Urucuia)	3,01	0,88	<LD	11,46	<LD
7	RIO (CORRENTE - exutório)	0,71	1,35	0,21	0,6	0,35
8	RIO (RIACHO FUNDO)	0,64	0,715	0,17	<LD	<LD
9	RIO (PIRACANJUBA - PCH)	0,25	<LD	<LD	0,29	<LD
10	RIO (PLATUDINHO - Urucuia)	0,26	0,595	0,11	0,51	<LD
11	RIO (KATARINA)	0,26	0,94	<LD	<LD	<LD
12	RIO (CORRENTE -PCH)	0,32	0,83	0,1	<LD	0,28
13	RIO (CORRENTE - Nascente)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
14	RIO (CORRENTE - Foz PCH)	0,61	<LD	<LD	<LD	<LD
15	RIO BURITIS (Nascente)	0,42	0,6	<LD	0,08	0,08
16	RIO (BURITIS - PCH)	0,09	0,68	0,11	<LD	<LD
17	RIO (JATAÍ)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
18	RIO BURITIS (exutório)	0,38	2,14	0,45	0,18	0,25
19	CAVERNA DOS SEGREDOS	0,06	1,33	<LD	<LD	<LD
20	CAVERNA TARIMBA (I)	0,205	0,77	2,11	<LD	0,24
21	CAVERNA TARIMBA (II)	0,42	0,525	0,16	0,09	0,15
22	CAVERNA (PENHASCO)	0,35	2,28	1,18	0,78	6,98
23	CAVERNA (EXTREMA)	0,21	2,08	1,23	0,57	7,06
24	CAVERNA (Pasto de Vacas I)	0,24	<LD	<LD	0,58	<LD
25	CAVERNA (Ressurgência)	0,17	1,45	0,62	0,49	6,67
26	CAVERNA (Pasto de Vaca II)	0,24	2,24	2,37	0,67	7,57
27	CAVERNA (MEANDRANTE)	0,96	<LD	0,31	<LD	<LD
28	CAVERNA (SERRAGEM I)	0,44	3,39	3,86	<LD	21,11
29	POÇO (URUCUIA)	0,75	3,94	0,11	<LD	0,17
30	POÇO (Fazenda Raio de Sol)	0,05	9,56	0,12	<LD	52,32
31	POÇO (Lagoinha, Feira e Alto)	0,915	2,83	0,34	0,43	3,42
32	POÇO (Boa Esperança)	0,53	2,345	3,18	0,14	2,05
33	*POÇO (Sítio Paulista)*	*0,305*	*2,7*	*<LD*	*0,29*	*3,4*
34	POÇO (São Vital)	0,1	1,3	1,02	0,16	0,56
35	POÇO (Sitio D'Abadia)	1,77	14,92	1,47	0,53	5,63

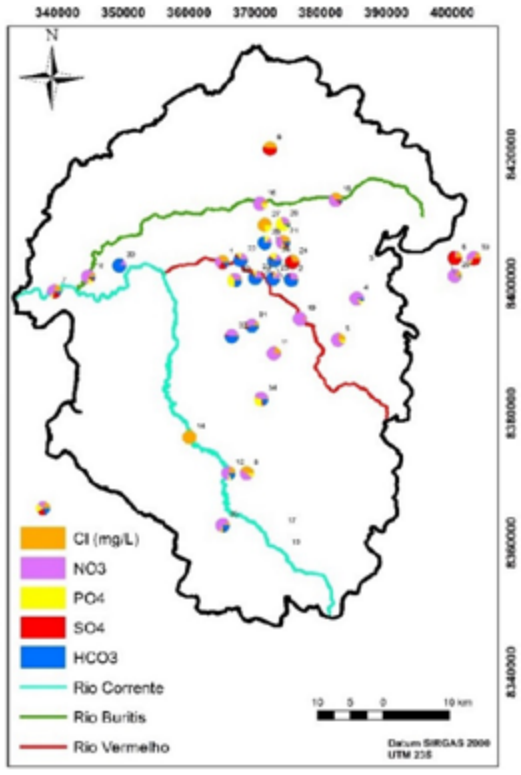


Figura 5: Média das concentrações dos íons cloreto (Cl-), nitrato (NO3-), fosfato (PO43-), sulfato (SO42-) e ácido nítrico (HNO3-). *LD = Abaixo do limite detectável. Fonte: Autores.

5. Considerações Finais

A partir das análises realizadas foi possível demonstrar distintos grupos de águas conforme as características **físico-químicas das amostras avaliadas. As águas subterrâneas e superficiais do aquífero Urucuia possui baixa mineralização e boa potabilidade para abastecimento humano, dessedentaçao** animal e irrigação.

As águas coletadas na Formação Lagoa do Jacaré indicaram um grau de basicidade que variou sazonalmente, indicando no período chuvoso uma relação com processos de diluição, na contribuição de águas com baixa mineralização do aquífero superior (arenitos). No entanto, mesmo no período de seca, as águas em meio aos carbonatos n**ão** provocam modificações significativas no ambiente aquático, sendo consideradas levemente alcalinas, conforme os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces.

Contudo, um monitoramento permanente é necessário para dar suporte à explotação sustentada das águas superficiais e subterrâneas na região.

Agradecimentos

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Agência Nacional de Águas (ANA), Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

APHA, American Public Health Association. **Standard methods for the examination of waste waters**, 22. Washington: American Public Health Association; 2012.

BITTENCOURT, V. L. A.; HINDI, E. C.; MANTOVANI, L. E.; ROSA FILHO, E. F. Aspectos da Qualidade de Águas do Aquífero Cárstico em Almirante Tamandaré-PR***. Anais*** XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Urucuia: Bacias Hidrográficas dos Rios Arrojado e Formoso: Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade**. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do nordeste brasileiro. Rede Cooperativa de Pesquisa: UFBA / CPRM, 2007.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado de Goiás: corte cartográfico 1:250.000**. Folha SD23YB-Posse, 2008.

FORD, D.; WILLIAMS, P. **Karst Hydrogeology and Geomorphology**. Wiley: Chichester p. 562, 2007.

HARDT, R. **Carstificação em Arenitos: Aproximação com o suporte de geotecnologias**. Tese (doutorado). 224f. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro - SP, 2011.

GILLIESON, D. **Caves: Processes, Development, Management**. Blackwell, 324p. 1996.

CULIVER, D.C. & WHITE, W. **Encyclopedia of caves**. Elsevier Academic Press, 654p. London. 2005.

BOGLI, A. **Karst Hydrology and Physical Speleology**. Springer-Verlag, Berlim. 1980.

FAQUIM, A. C. S.; ZANCOPÉ, M. H. C.; CHEREM, L. F. S. Potencial de Transferência de Sedimentos das bacias Contribuintes do Sistema Cárstico Terra Ronca. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 37, n. 3, p. 449-465, 2017.

FORD, T. D. & CULLINGFORD, C. H. D. **The Science of Speleology**. Academic Press, London. 1976.

GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G. O Sistema Aquífero Urucuia. **Revista Brasileira de Geociências**. n. 37, pp. 216-226, 2007.

JENNINGS, J. N. **Karst Geomorphology**. Brazil, Brackwell. 2ª ed. 1987.

MIZUNO, M. G. M. **Hidroquímica das águas subterrâneas do Distrito Federal**. 135f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, UnB, Brasília-DF, 2012.

MOURA, M.T.T. **O Cárste da região de Prudente de Moraes-MG**. Boletim Paulista de Geografia, n. 73, pp. 125-148, 1990.

PIMENTEL, L. M.; SOUZA, T. C. L.; TÁVORA, G. S. G.; TURETTA, A. P. D. **Mudanças de uso da terra e expansão da agricultura no oeste da Bahia**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 27 p., 2011.

WHITE, W. B. **Geomorphology and hydrology of karst terrains.** Oxford: Oxford University Press, p. 464,1988.

AVALIAÇÃO PRÉVIA DAS CONDIÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PRAIA GRANDE-SP

Gabriela Pereira da Silva
Universidade Estadual de Campinas
Zeferino Vaz. Rua Cláudio Abramo, 377, Campinas-SP
CEP: 13083-856
E-mail: gabi.pereirasilva@live.com
Samuel de Amaral Macedo
Universidade Estadual de Campinas
Zeferino Vaz. Rua Cláudio Abramo, 377, Campinas-SP
CEP: 13083-856
E-mail: macedo.samuel@yahoo.com
Elaine Ketelin Pinto Luz
Universidade Federal da Grande Dourados
Rua João Rosa Góes, 1761, Vila Progresso, Dourados - MS
CEP: 79825-070
E-mail: elaineluzgeo@gmail.com

1. Apresentação/Problemática

No município de Praia Grande observa-se o intenso uso e ocupação da Planície litorânea onde as transformações espaciais dos últimos, tem demonstrado uma perda considerável das condições naturais da cobertura florestal, supressão do manguezal e contaminação de canais fluviais. A abordagem deste estudo se baseia na leitura da Geoecologia das Paisagens de Rodriguez (et. al, 2017), na qual possibilita discutir as relações de funcionalidade dos elementos que compõem a paisagem e a intensidade das sobre o território.

O município de Praia Grande apresenta área territorial de 149 km² população de 325.073 habitantes, com densidade demográfica de 1781,87 hab./km² (IBGE, 2019). Sob as coordenadas UTM, latitude de 24° 00' 21'' S e longitude de 46° 24' 21'' W, a uma altitude de 3 metros acima do nível do mar (AGEM, 2002) (FIGURA 1).

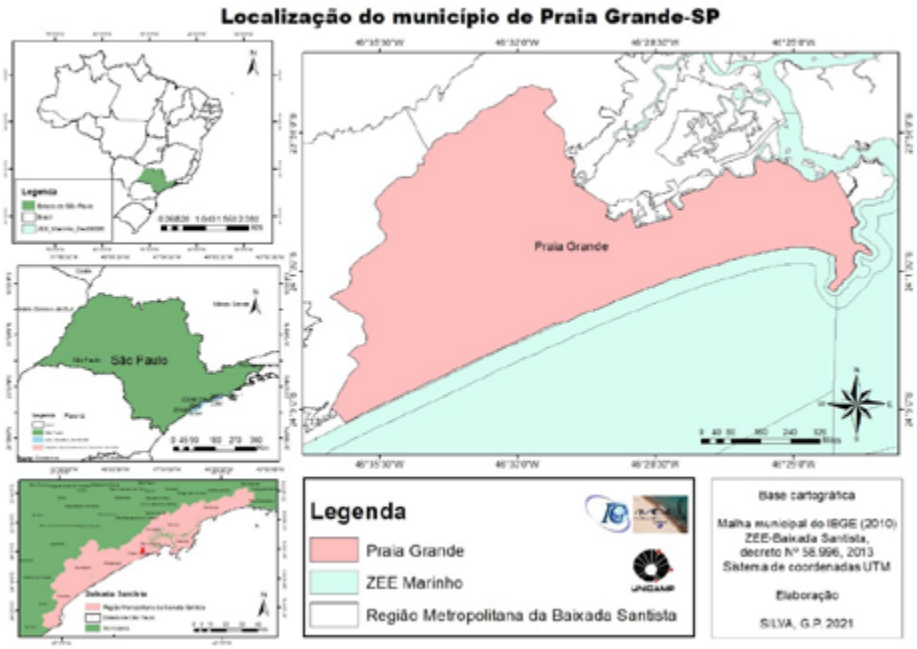


FIGURA 1: Mapa de Localização do município de Praia Grande.

O avanço da malha urbana em direção as áreas de preservação permanente devem ser discutidas pelo poder público, a intervenção se deve primeiramente por meio de um cadastramento das áreas mais vulneráveis, seguindo pela fiscalização das ocupações e eventualmente a remoção de novas ocupações nessas áreas de preservação permanente (AGEM, 2005, p.381-382). Tendo em vista o reflexo da dinâmica de uso e ocupação desde a emancipação de Praia Grande em 1967 até 2021, os resultados esperados desta avaliação apontam para os conflitos existentes, e propõem eventualmente auxiliar o poder público em medidas de prevenção, mitigação e resposta através de ferramentas de geoprocessamento.

2. Objetivos

O objetivo central do trabalho é realizar a análise da paisagem de Praia Grande com vistas ao ordenamento territorial e discutir ascensão da malha urbana sobre as demais classes de uso definidas na carta de Uso e ocupação da terra 2021, adaptado do INPE. Os objetivos específicos da pesquisa são: I. Identificar os graus da vulnerabilidade socioambiental quantificando-os quanto à suscetibilidade à inundação; II. Atualizar as cartas de uso e ocupação do solo em três intervalos de tempo. III. Qualificar e quantificar e os fatores sociais, ambientais, demográficos e socioeconômicos preponderantes no aumento e/ou diminuição

da vulnerabilidade socioambiental; Categorizar os usos da planície. IV. Proceder a análise espacial de síntese por meio do mapeamento da vulnerabilidade socioambiental, propondo novos meios de colaboração para medidas mitigadoras ao (re) ordenamento territorial de Praia Grande/SP.

3. Referencial teórico

Das categorias que abrangem a Geoecologia das Paisagens, o presente trabalho propõe uma contribuição aos estudos da Região Metropolitana da Baixada Santista, considerando a dinamicidade, fragilidade natural do ambientes costeiros e sabendo que as regiões litorâneas do Brasil estão sujeitas a eventos denudacionais como inundações, movimentos de massas, acomodação de sedimentos entre outros processos gravitacionais constantes os quais transformam as paisagens constantemente se faz necessário diagnosticar os impactos que o uso e a ocupação do solo gera, e consequentemente transforma as paisagens. Para entender o funcionamento da natureza e das relações de forma sistêmica e conjunta, busca-se nos pressupostos teóricos-metodológicos o olhar totalizador da paisagem, presente em discussões elaboradas por Sotchava (1978), Tricart (1977) entre outros cientistas.

Segundo Rodriguez (et al., 2017, p.08) aceitar a existência dessa complexidade no espaço, significa olhar para o todo e para as parte de modo que se compreenda a dialética da paisagem. Com relação as fragilidades do ambiente costeiro SOUZA (2010, p. 01) afirma que "No município de Praia Grande, a urbanização extensiva desconsiderou o ambiente original e eliminou a cobertura vegetal, alterou a topografia, modificou o padrão de drenagem e a permeabilidade do solo", visto isso, o avanço urbano para a linha de costa e em áreas de restinga e manguezal tem sido cada vez mais observado através da paisagem.

A fragilidade das regiões costeiras está relacionada às interações entre os ambientes terrestre e marinho, uma vez que a intensidade da relação entre matéria e energia envolvidas ao longo do tempo, somado ao processo de urbanização acelerada, faz deste tipo de ambiente exemplo de sistema ambiental com grande complexidade dinâmica (SUGUIO, 2003). Compreender os processos socioespaciais é importante para analisar a diferenciação econômica, que caracteriza a heterogeneidade da ocupação na região a qual atende prioritariamente o parcelamento do solo de acordo com os interesses e estratégias empresariais e imobiliárias (YOUNG, 2008, p.09).

4. Proposta de metodologia

O alicerce metodológico deste projeto é baseado na proposta da Geoecologia das Paisagens de Mateo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017), envolve as seguintes etapas:

- Organização: definição dos objetivos, área de estudos, escala de trabalho, elaboração de justificativa e adequação das atividades ao planejamento elaborado;
- Inventário: Levantamento bibliográfico, levantamento de dados espaciais, bibliográficos, cartográficos e estatísticos;
- Investigação: Avaliação das informações levantadas;
- Diagnóstico e Proposições: Elaboração da vulnerabilidade ambiental a partir da integração da suscetibilidade e vulnerabilidade social;

Sob o recorte de análise escolhido, o município de Praia Grande, o mapea-

mento foi efetuado com o uso de Geoprocessamento através do Software ArcGis 10.8. Os dados para confecção do mapa de Uso da terra foram obtidos no site do INPE, 2021 e detalhados no software ArcMap 10.8. A validação dos dados cartográficos foi feita em campo com o uso do aplicativo GPS Essencials, o objetivo da coleta foi averiguar as condições das ruas, das calçadas, córregos e residências, para então cruzar com as informações obtidas na carta de Uso da terra e poder discutir as categorias de usos da terra.

5. Desafios e dificuldades

Os desafios desta pesquisa estão relacionadas a organização dos dados cartográficos, detalhamento das classes de uso e ocupação da terra e a averiguação das características de alguns pontos de coleta de informações. As dificuldades ao longo do trabalho de campos e deram por conta da dificuldade de acesso em alguns locais. O mapa a seguir (Figura 2) do Uso e ocupação da terra do Município de Praia Grande (SP) – 2021, mostra as classes de uso da Terra, sendo elas: Cobertura Florestal, Manguezal, Pastagem, Agricultura, Praia, Área urbana e Corpos hídricos, em escala de 1:100.000, Sistema de Coordenados Geográficas SIRGAS 2000, obtida a partir de dados fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE.

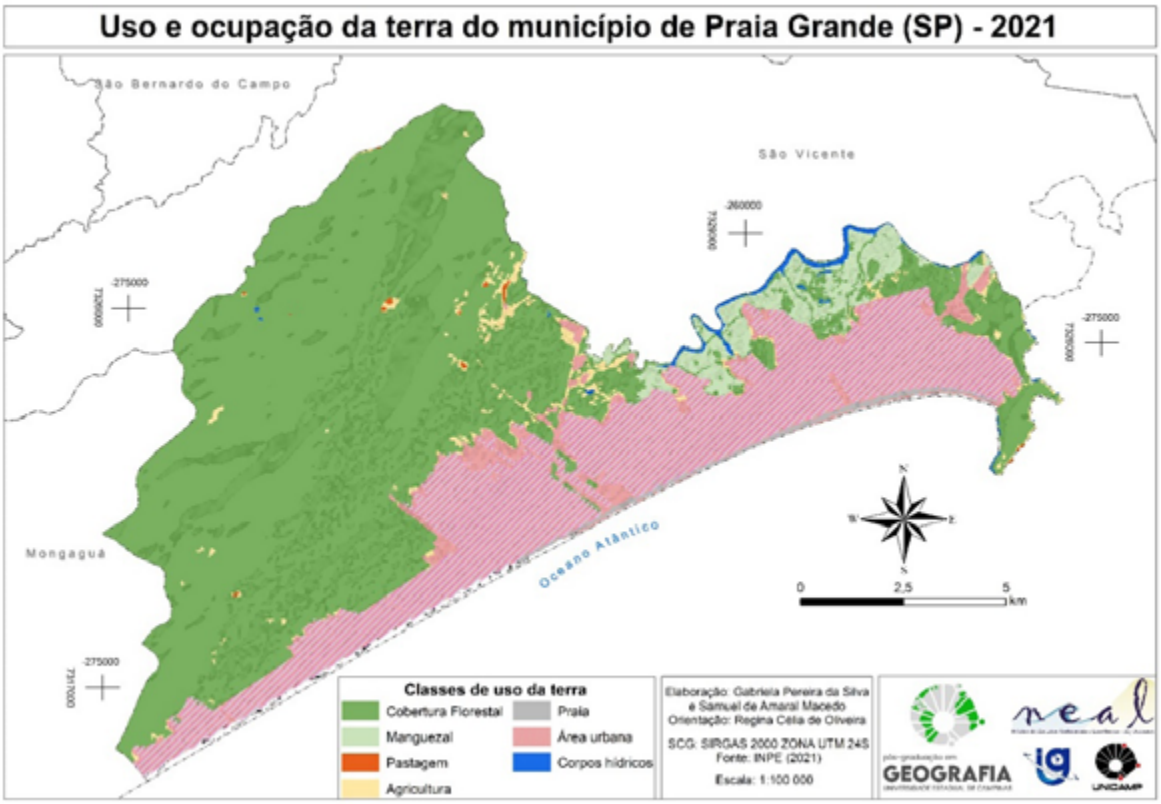


FIGURA 3: Mapa do Uso e ocupação da Terra do Município de Praia Grande (SP) – 2021. Fonte: INPE, 2021. Elaboração SILVA e MACEDO, 2021.

Foi elaborada a tabela de atributos do mapa, selecionando as classes de uso conforme a área em km² e percentual (Figura 4).

Classes	Area (km²)	Pecentual
Agricultura	2,818	1,863
Pastagem	2,373	1,569
Cobertura Vegetal	96,404	63,723
Corpos Hídricos	0,966	0,639
Manguezal	6,031	3,987
Área urbana	41,398	27,364
praia	1,295	0,856
Total	**151,285**	**100**

FIGURA 4: Tabela percentual das classes de uso por km² a partir do mapa de Uso da Terra do Município de Praia Grande (SP) – 2021. Fonte: Fonte: INPE, 2021. Elaboração SILVA e MACEDO, 2021.

As classes Pastagem, Corpos hídricos e Praia, apresentam os menores valores percentuais, sendo respectivamente, 1,569%, 0,639% e 0,856%, demonstrando visualmente a supressão do sistema natural ocasionado pelo aumento da malha urbana. As classes de uso Cobertura Florestal, Manguezal e Área urbana, os valores percentuais foram respectivamente, 63,723%, 3,927% e 27,364. A coleta das informações em campo foi feita em Fevereiro de 2021 em 9 pontos, no entanto para a apresentação deste resumo, 7 pontos de coletas foram selecionados para relatar as condições conforme as áreas de Vulnerabilidade Socioambiental do município, classificadas em Alta, Média e Baixa (Figura 5).

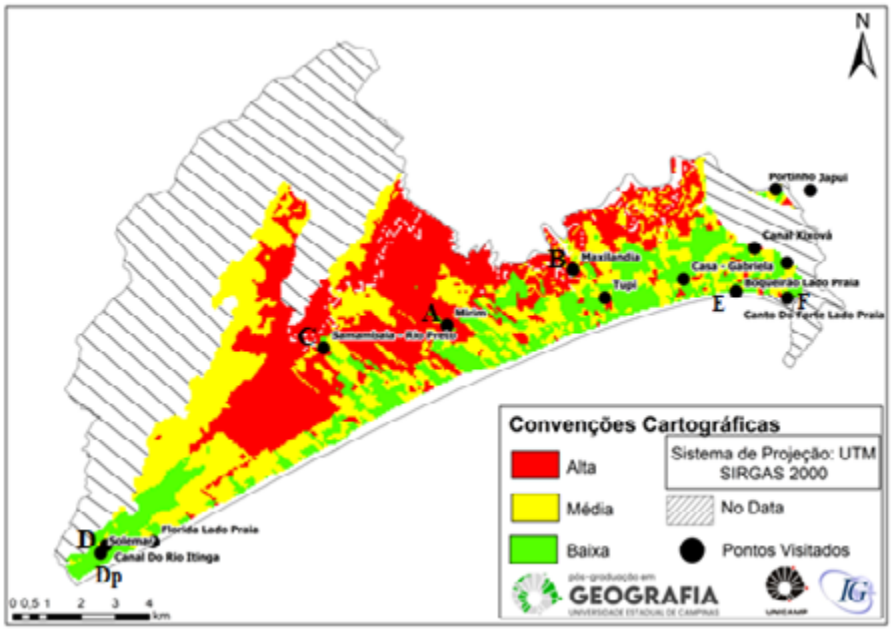


FIGURA 5: Mapa dos pontos de coleta de imagens e averiguação das condições socioambientais – Suscetibilidade ambiental - Alta, Média e Baixa.
Fonte: CPRM, 2015.

Portanto, diante das observações e da atualização da carta de Uso e Ocupação de terra de Praia Grande, pode-se afirmar que as áreas urbanizadas tem por característica um padrão de assentamento diferenciado.

6. Resultados esperados

Diante da coleta de dados cartográficos bem como das amostras de campo, compreende-se que a dinâmica de uso da terra no município de Praia Grande desde o início da sua emancipação continua atrelada ao intenso urbanização sob uso da planície, refletindo conflitos entre expansão urbana e restinga, expansão urbana e manguezal, além dos conflitos urbanos atrelados as condições de saneamento básico em bairros afastados da zona praial. Espera-se que essa avaliação prévia das condições de uso e ocupação da terra do município de Praia Grande proporcione dados e informações necessárias para produzir a cartografia síntese das classes de Vulnerabilidade Socioambiental, e efetuar proposições acerca do planejamento territorial.

Agradecimentos

Aos companheiros do Núcleo de Estudos Ambientais e Litorâneos da UNICAMP pela troca de informações e compartilhamento de materiais utilizados neste trabalho, à Ma. Elaine Ketelin Pinto Luz, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNICAMP e à orientadora Regina Célia de Oliveira. Agradecimentos especiais à Universidade Estadual da Grande Dourados pela contribuição teórica e metodológica e a todos os pesquisadores que contribuíram com essa discussão.

Referências

AGEM. Programa Regional de Identificação e Monitoramento de Áreas Críticas de Inundações, Erosões e deslizamentos – PRIMAC - Região Metropolitana Da Baixada Santista – RMBS. **Relatório Final**. Contrato Nº AGEM 001/02. 2002.

_____. **Padrões socioespaciais da Região Metropolitana da Baixada Santista.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2005.

PREFEITURA DA ESTÂNCIA BALNEÁRIA DE PRAIA GRANDE. **A cidade – Histórico: Os moradores de Praia Grande.** Disponível em: https://www.praiagrande.sp.gov.br/PraiaGrande/historia_02.asp, acesso em 19 de Mar de 2021.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: EDUFC, 2004.

SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre.** Biogeografia. IG-USP. São Paulo, 1978.

SOUZA, T. A. **Zoneamento geoambiental do município de Praia Grande (SP): uma contribuição aos estudos sobre a Baixada Santista.** Rio Claro, SP. 2010.

SUGUIO, K. **Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas.** Geologia USP: Série Didática, v.2, n.1, p.1-40. 2003. Disponível em: Acesso em: 05 Fev 2021.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1977.

YOUNG, A. F. **Transformações Socioespaciais da Baixada Santista: identificação das e vulnerabilidades socioambientais através do uso de geotecnologias.** NEPO - Núcleo de Estudos de População/Unicamp, p.102. 2008.

CARACTERIZAÇÃO DE LATOSSOLOS DE TOPO NA REGIÃO DA ZONA DA MATA MINEIRA COMO SUBSÍDIO PARA O ENTENDIMENTO DA EVOLUÇÃO DE UNIDADES GEOMÓRFICAS

Brunno Cesar Pereira
Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627 - Pampulha - CEP: 31270-901 Belo Horizonte – MG
E-mail: brbuc@hotmail.com
Cristiane Valéria de Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627 - Pampulha - CEP: 31270-901 Belo Horizonte – MG
E-mail: crisval_oliveira@yahoo.com.br
Fábio Soares de Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627 - Pampulha - CEP: 31270-901 Belo Horizonte – MG
E-mail: fabiosolos@gmail.com

Resumo

O trabalho teve como objetivo analisar o grau evolutivo de duas unidades geomórficas, com base na relação solo-paisagem, a partir da comparação entre os Latossolos de topo de posições altimétricas diferentes, na região da Serra de São Geraldo, localizada na mesorregião da Zona da Mata de Minas Gerais. Para analisar as superfícies geomórficas no que diz respeito a sua evolução, foram selecionados perfis de Latossolos presentes no topo de cada unidade geomórfica. Cada perfil foi caracterizado morfologicamente em campo, e feita uma descrição das áreas de coleta. Em seguida, amostras dos horizontes Bw de cada perfil foram encaminhadas ao laboratório para análises físicas, químicas e mineralógicas. As informações das análises laboratoriais, tais como a relação silte/argila, a textura, o pH, a composição mineralógica, os óxidos e relações moleculares Ki pelo ataque sulfúrico, além da condutividade elétrica em água, foram fundamentais para mensurar a evolução dos Latossolos e descrição da cronologia relativa das superfícies, corroborando com a hipótese de que a superfície superior é mais antiga, com Latossolos mais evoluídos em relação à superfície inferior, que apresentou Latossolos com menor grau de evolução.

Palavras-chave: Atributos dos solos. Intemperismo. Gnaisse.

1. Introdução

Os solos e seus atributos são componentes da paisagem, evoluindo em concomitância com esta e, consequentemente, guardam informações de seu desenvolvimento ao longo do tempo. A determinação da sequência dos acontecimentos, sem precisar o tempo exato dos fatos ocorridos, é obtida pela cronologia relativa, com análises comparativas relativizadas entre objetos diferentes, o que neste trabalho denominou-se de superfícies geomórficas em posições distintas.

Pensando nisto, os solos e suas características físicas, químicas e mineralógicas são indicadores, através da relação solo-paisagem, da cronologia relativa das superfícies. Por ser um corpo tridimensional e dinâmico, o solo exibe grande variedade na superfície da Terra, reflexo da atuação dos fatores de formação (LEPSCH, 2002). A partir das características morfológicas, da morfometria do solo e da caracterização dos agentes causais, os solos possuem propriedades que permitem definir os processos e mecanismos responsáveis pela sua formação e evolução (QUEIROZ NETO, 1984).

A relação solo-paisagem é representada pela ação em conjunto entre o solo e a paisagem definida no espaço e no tempo, ou seja, é a interação entre o conjunto dos atributos pedológicos e da paisagem. Essa relação é um instrumento de grande importância para obter informações que permitam identificar não só o comportamento dos solos, mas a própria dinâmica geomorfológica, além da cronologia relativa da paisagem, a partir das coletas de dados pedológicos. Segundo Daniels et al. (1971), citados por Cunha et al. (2005), a idade do solo deve ser considerada como a mesma da respectiva superfície geomórfica.

Portanto, as práticas que permitem apresentar as características e evolução das superfícies são importantes, visando identificar não somente as condições atuais, mas o seu desenvolvimento ao longo do tempo.

Para esta pesquisa, analisou-se duas superfícies geomórficas divididas pela formação da Serra de São Geraldo, selecionando perfis de Latossolos de topo para determinação da evolução dos mesmos. Os solos da área de estudo são de origem do gnaisse, o que implica a independência do material de origem para a mensuração do grau evolutivo dos mesmos.

As discussões consideraram a relação solo-paisagem entre os municípios de Teixeiras e Guiricema (MG), na mesorregião da Zona da Mata Mineira. Estas discussões têm finalidade de avaliar a hipótese de que os solos da superfície mais elevada, estando sobre mesmo material de origem, apresentam maior grau de evolução do que aqueles da superfície inferior. Por estarem em posições diferenciadas na paisagem, fatores que transformam o ambiente, como o relevo e a dinâmica hídrica superficial e de subsuperfície, tendem a atuar em diferentes intensidades.

Para tanto, este trabalho tem como objetivo principal discutir e avaliar o grau evolutivo de Latossolos formados a partir do mesmo material de origem (gnaisse) e localizados no topo de diferentes superfícies geomórficas, a partir de suas características e de seus atributos físicos, químicos e mineralógicos. Além disso, pretende-se discutir a cronologia relativa dessas superfícies com o auxílio da relação solo-paisagem.

2. Material e métodos

Localizada na mesorregião da Zona da Mata Mineira (Figura 1), a área de estudo, de aproximadamente 1.722,69 km^2, situa-se em dois patamares de altimetria diferentes, divididos pela Serra de São Geraldo, com formação de origem litológica do gnaisse.

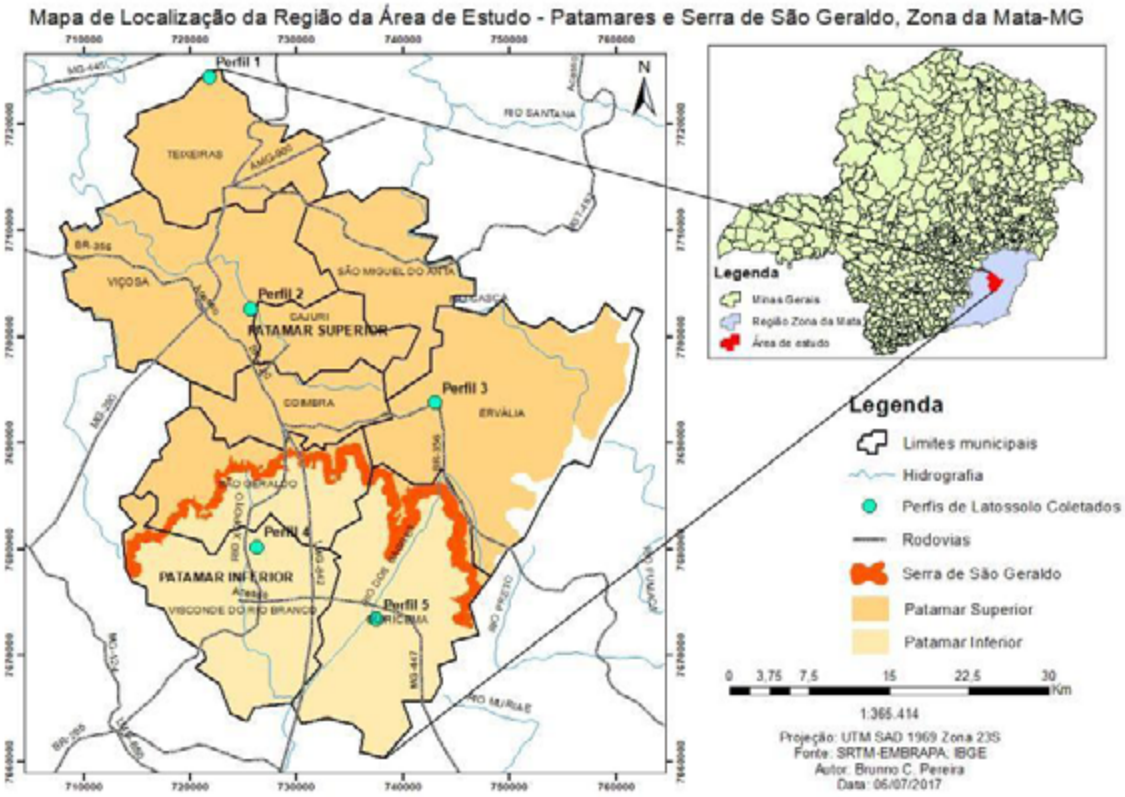


FIGURA 1: Localização da área de estudo e dos perfis estudados coletados em campo. Fonte: Arquivo dos autores.

A Serra de São Geraldo corresponde a uma escarpa com desnível de altitude média de 450 metros, com parte frontal voltada para a bacia do Rio Paraíba do Sul. A crista da serra é paralela ao interflúvio que divide as bacias dos rios Doce e Paraíba do Sul, ao longo de toda sua extensão (CHEREM, 2012).

Por conta da quebra do relevo a partir da Serra de São Geraldo, ocorrem duas unidades geomórficas na área de estudo, denominadas patamares superior e inferior. Este último varia entre 260 a 520 metros, aproximadamente, enquanto o primeiro apresenta maior variabilidade em termos de elevação, e compreende uma alternância entre 520 e 780 metros de elevação em relação ao nível do mar. Ainda no patamar superior, há locais em que atingem cotas acima de 780 metros de elevação (Figura 2).

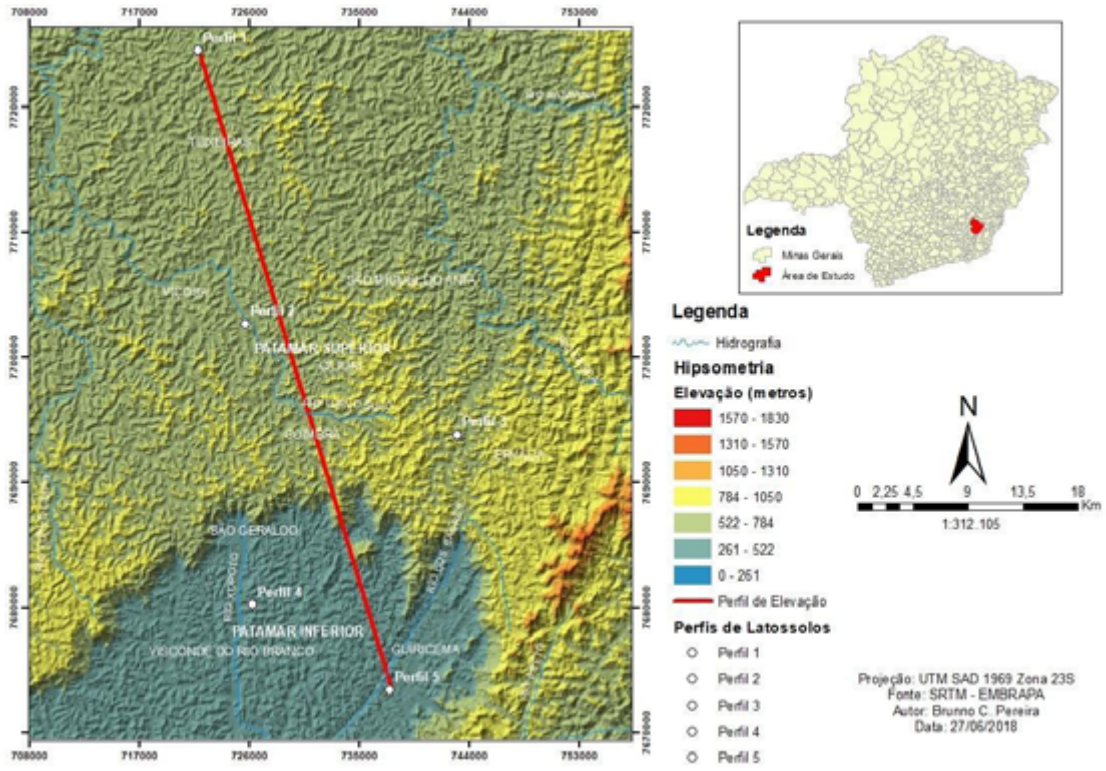


FIGURA 2: Mapa hipsométrico da área de estudo e a localização dos solos estudados. Fonte: Arquivo dos autores.

Em cada patamar, encontram-se os perfis de Latossolos de topo para análises acerca da cronologia relativa das superfícies a partir da relação solo-paisagem. Os perfis de Latossolos localizam-se nos municípios de Teixeiras (735 metros de altitude), Viçosa (716 metros de altitude) e Ervália (832 metros de altitude), no patamar superior; Visconde do Rio Branco (432 metros de altitude) e Guiricema (400 metros de altitude), no patamar inferior, no Estado de Minas Gerais.

A figura 3 representa o perfil topográfico a partir de uma linha traçada do primeiro ao último perfil de Latossolos na área de estudo sobre o mapa hipsométrico. É possível observar a variação de altitude principalmente ao ultrapassar a Serra de São Geraldo, do primeiro perfil ao quinto, demonstrando a disparidade existente entre os dois patamares, apresentando, em algumas posições, uma diferença de 450 metros de altitude.



FIGURA 3: Perfil de elevação entre os dois patamares estudados. Fonte: Arquivo dos autores.

A Figura 4 representa um mapa hipsométrico em três dimensões da área de estudo com os perfis de Latossolos. É observável a diferença entre os dois patamares em função das cotas altimétricas, apresentando uma divisão nítida das duas superfícies, destacada pelo tom amarelado para as cotas mais baixas no patamar inferior e, após a Serra de São Geraldo, divisor entre os patamares, as cotas altimétricas atingem valores acima de 600 metros.

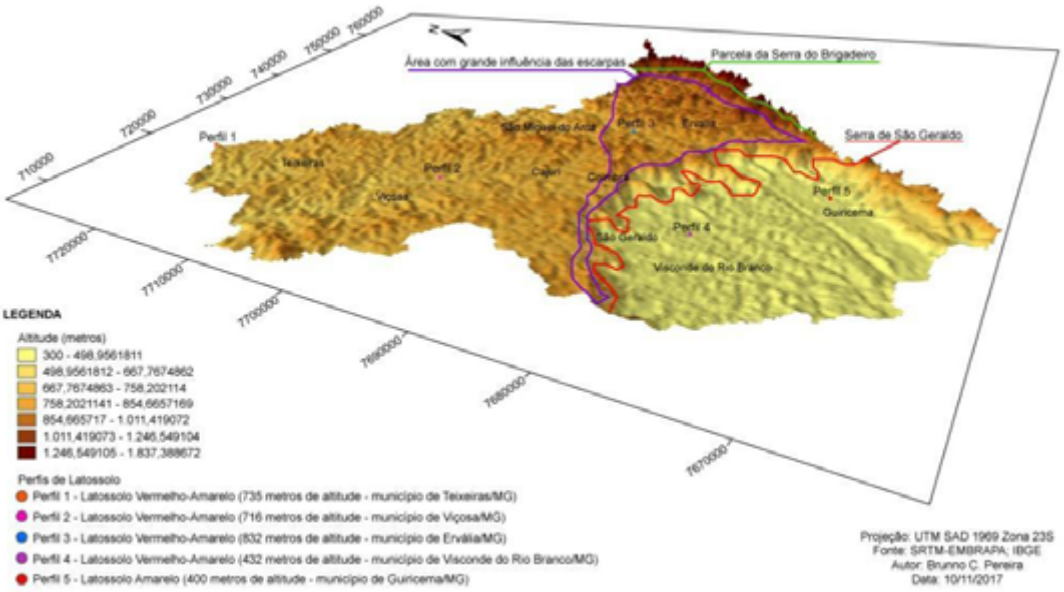


FIGURA 4: Mapa Hipsométrico em 3D da Área de Estudo com os Municípios e os Perfis de Solos Coletados. Fonte: Arquivo dos autores.

A elaboração deste trabalho compreendeu cinco etapas. A primeira baseou-se na leitura bibliográfica sobre as temáticas abordadas, as características físicas da área de estudo, além de outros materiais de pesquisas a respeito dos temas analisados neste trabalho; a segunda dedicou-se à elaboração de mapas de localização, declividade, hipsometria, geologia e solos, além de um perfil de elevação e mapa hipsométrico em três dimensões, visando auxiliar no campo de reconhecimento, este também parte desta etapa; a terceira incluiu a coleta das amostras em campo, entrada destas no laboratório e preparação para as análises; a quarta etapa foi associada às análises laboratoriais; e a quinta refere-se à discussão dos resultados obtidos.

O referencial teórico baseou-se nas principais temáticas que abordam a relação solo-paisagem, definições destes isoladamente, compartimentações da paisagem em unidades geomórficas, metodologias selecionadas para a execução das análises e a respeito da cronologia relativa da paisagem a partir das características dos solos. Foram elaborados mapas com o intuito de auxiliar no conhecimento da área de estudo, destacando os mapas de localização, solos, declividade, hipsometria e geologia.

Uma viagem de reconhecimento foi realizada em junho de 2017, ao longo da área de estudo, tomando pontos no GPS (*Global Positioning System*) para o posicionamento destes nos materiais gráficos. A viagem de campo para coleta das amostras dos perfis dos solos estudados foi realizada em outubro do mesmo ano, percorrendo os dois patamares.

Para cada perfil de solo realizou-se descrições, segundo Santos et al. (2005), e coleta de amostras deformadas para análise granulométrica, pH, densidade de partículas, condutividade elétrica em água (DONAGEMA et al., 2011 e ALMEIDA et al., 2012), ataque sulfúrico (BARRETO et al., 1997 e CAMARGO et al., 2009) e mineralogia (BARRETO et al., 1997 e RESENDE, 2011), todas do horizonte diagnóstico Bw.

3. Resultado e discussão

O patamar superior da área de estudo possui altitude média de aproximadamente 650 metros, e o inferior de aproximadamente 390 metros. A Serra de São Geraldo, divisor dos patamares citados, apresenta média de aproximadamente 450 metros de altitude (Figura 5).

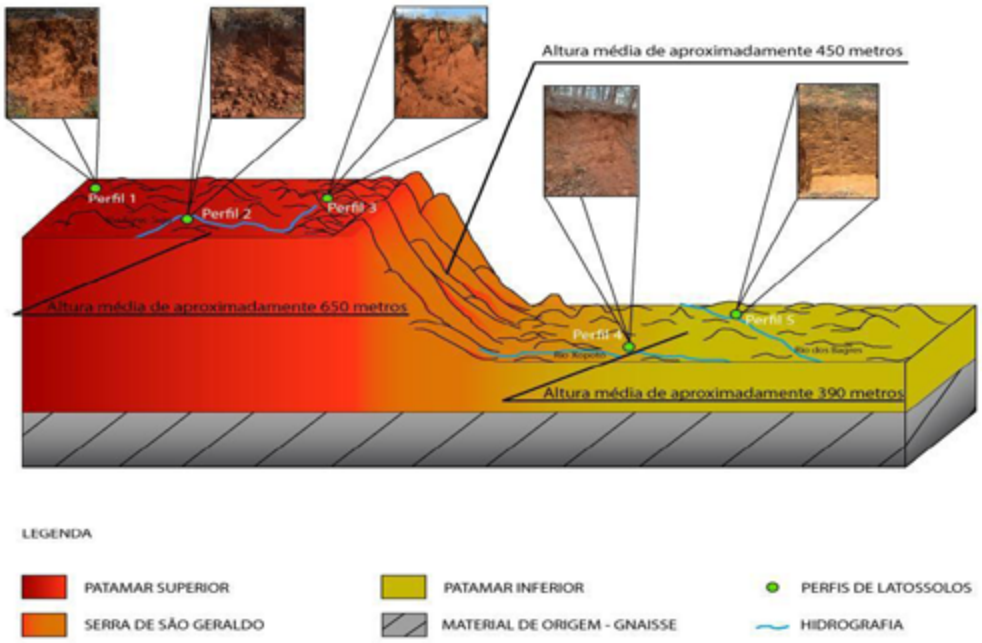


FIGURA 5: Bloco esquemático da caracterização da região da área de estudo. Fonte: Arquivo dos autores.

Comparando a posição dos perfis do patamar superior com a do inferior, há uma diferença de aproximadamente 300 metros de altitude entre os perfis 1 e 4, o que implicaria em diferenciações nos resultados entre as duas superfícies.

Todos os Latossolos estudados são muito profundos, homogêneos e bem estruturados, características comuns desta classe de solo. Os três perfis localizados no patamar superior apresentaram textura muito argilosa, observação que se diferencia para os dois perfis no patamar inferior, com textura enquadrada como argilosa, tendência de solos menos evoluídos em relação aos do superior (Quadro 1). Os perfis do patamar superior, para o horizonte Bw, apresentaram estrutura em blocos subangulares que se desfazem em forte muito pequena granular, enquanto que os horizontes Bw dos perfis do patamar inferior estrutura em blocos subangulares (Quadro 1). A estrutura forte muito pequena granular é típica de horizontes Bw de Latossolos mais evoluídos, constatado por Ramos (2008), que relatou a presença desta estrutura para os Latossolos considerados mais evoluídos na área de estudo, o que pode ser indicador de uma maior evolução dos solos do patamar superior em comparação com os do inferior.

QUADRO 1

Atributos morfológicos dos Latossolos estudados

Perfil	Horizonte	Profundidade	Textura	Estrutura (1)
		cm		
Patamar superior – Latossolo Vermelho-Amarelo / Relevo plano a suave ondulado				
1	A	0-18	argila	mod. peq. a méd. gran.
	Bw	18-230+	muito argilosa	mod., méd. e gr. bl. sub. que se desfaz fo. mpeq. gran.
Patamar superior – Latossolo Vermelho-Amarelo / Relevo suave ondulado a ondulado				
2	A	0-23	argila	mod. fo. peq. a méd. gran.
	Bw	23-160+	muito argilosa	mod. gr. e mgr. bl. sub. que se desfaz fo. mpeq. gran.
Patamar superior (influência escarpa) – Latossolo Vermelho-Amarelo / Relevo plano a suave ondulado				
3	A	0-24	argila	mod. peq. a méd. gran.
	Bw	24-200+	muito argilosa	mod. gr. e mgr. bl. sub. que se desfaz fo. mpeq. gran.
Patamar inferior – Latossolo Vermelho-Amarelo / Relevo suave ondulado a ondulado (2)				
4	A	0-22	argila	fo. peq. a méd. gran.
	Bw	22-206+	argila	mod. méd. bl. sub.
Patamar inferior – Latossolo Amarelo / Relevo plano a suave ondulado				
5	A	0-16	argila	mod. fo. peq. gran.
	Bw	16-155+	argila	mod. peq. a méd. bl. sub.

(1) fr.: fraca, mod.: moderada, fo.:forte; mpeq.: muito pequena, peq.: pequena, méd.: média: gr.: grande, mgr.: muito grande; gran.: granular, bl. ang.: blocos angulares, bl. sub.: blocos subangulares, prism.:prismática. (2) Há indícios do desenvolvimento de uma estrutura forte pequena granular, no entanto, pela velocidade de infiltração da água no agregado, pode-se inferir que essa estrutura é menos desenvolvida que nos perfis 1, 2 e 3. **Fonte**: PEREIRA, 2019.

Considerando o teor de argila como indicador de grau de evolução do solo, pode-se afirmar que os perfis 1, 2 e 3 são mais evoluídos que os 4 e 5. Em relação aos Latossolos do patamar inferior, o teor de argila é inferior em relação aos solos do patamar superior, com valores que variam entre 450 a 562 g.kg-1, se caracterizando como de textura argilosa (Tabela 1). Diferente dos perfis do patamar superior, nos do inferior houve um aumento considerável no teor de silte, 98 g.kg-1 no perfil 4 e 116 g.kg-1 no perfil 5 (Tabela 1).

TABELA 1

Perfis	Composição Granulométrica							Textura	Silte/ Argila
	Areia Grossa	**Areia Fina**	**Areia Total**	**Silte**	**Argila**	**ADA**	**GF**		
	g.kg-1					**g.kg-1**	**%**		
Perfil 1	139	108	247	31	722	4,85	99,31	Muito argilosa	0,04
Perfil 2	145	78	223	76	701	3,39	99,46	Muito argilosa	0,11
Perfil 3	136	85	221	75	704	4,87	99,29	Muito argilosa	0,11
Perfil 4	165	175	340	98	562	4,24	99,23	Argilosa	0,17
Perfil 5	189	236	425	116	459	5,41	99,75	Argilosa	0,25

Composição granulométrica, textura, relação silte/argila, Argila Dispersa em Água (ADA) e GF para o horizonte Bw dos Latossolos da área de estudo

Fonte: PEREIRA, 2019.

Os solos do patamar superior com textura muito argilosa, em comparação aos do inferior, indica o maior grau de evolução dos primeiros para este parâmetro, decorrente do maior tempo de exposição aos agentes intempéricos.

A relação silte/argila pode ser utilizada como parâmetro para indicar o grau de intemperismo dos solos (JACOMINE, 2005 apud CAMPOS et al., 2012), corroborando com Van Wambeke (1962), citado por Andrade et al. (1997), que propôs o uso deste parâmetro para separar solos altamente intemperizados de solos mais jovens. A relação silte/argila apresentou maiores valores nos perfis do patamar inferior em relação aos do patamar superior, contribuindo para entender o grau de intemperismo dos solos estudados, sendo que valores mais baixos estão associados aos solos mais evoluídos.

A Argila Dispersa em Água (ADA) dos cinco perfis estudados apresentou valores baixos em torno de 3,4 a 5,4 g.kg -1, mas com algumas variações, destacando o maior teor para o perfil 5, este com tendência para solo mais rejuvenescido, e menor para o perfil 2 do primeiro patamar, solo mais evoluído em relação ao perfil 5.

Os perfis de Latossolos analisados da área de estudo que se encontram no patamar superior apresentaram valores inferiores de condutividade elétrica (107 µS/cm, 152 µS/cm e 194 µS/cm) (Tabela 2), podendo associar ao tempo de exposição aos processos decorrentes da lixiviação destes solos, reduzindo a concentração de sais no meio. Em contrapartida, os perfis do patamar inferior exibiram índices superiores de condutividade elétrica (215 µS/cm e 330 µS/cm, respectivamente), indicando menor grau de lixiviação.

TABELA 2

Condutividade elétrica em água para o horizonte Bw dos Latossolos da área de estudo

Perfis	C. E.	Temperatura	Patamar	Altitude
	µS/cm	°C		metros
Perfil 1	107	25	1	735
Perfil 2	152	25	1	716
Perfil 3	194	25	1	832
Perfil 4	215	25	2	432
Perfil 5	330	25	2	400

Fonte: PEREIRA, 2019.

O ΔpH é composto pela diferença entre o pH em KCl e pH em água, apresentando variações entre os perfis. Há um predomínio de carga negativa para o ΔpH dos Latossolos estudados no patamar inferior, destacando o menor grau de evolução destes, o mesmo observado por Campos et al. (2012), ao associar os maiores valores de ΔpH negativos às superfícies geomórficas menos evoluídas. Entretanto, os resultados obtidos no trabalho mostram que o ΔpH isoladamente não foi suficiente para avaliar evolução entre os cinco perfis, devido à exceção ocorrida no perfil 2, que apresentou maior valor negativo para ΔpH (Tabela 3).

TABELA 3

pH em água e KCl e ΔpH para o horizonte Bw dos Latossolos da área de estudo

Perfis	pH H_2O	pH KCl	ΔpH
1	5,06	5,11	0,05
2	5,05	4,55	-0,50
3	4,31	4,52	0,21
4	6,11	6,09	-0,02
5	4,84	3,96	-0,86

Fonte: PEREIRA, 2019.

Os resultados das análises do ataque sulfúrico indicam que os perfis do patamar inferior apresentaram valores da relação molecular Ki mais altos em relação aos perfis do superior. A observação quanto aos valores elevados de Ki e ΔpH para os solos da superfície geomórfica menos evoluída também foram relatados por Meireles et al. (2012) em sua área de estudo, correspondendo aos solos do ombro e sopé de deposição da topossequência estudada. Enquanto os solos do patamar inferior apresentaram valores da relação molecular Ki de 1,54 para o perfil 4 e 1,86 para o perfil 5, os do superior exibiram valores 0,84; 1,11 e 0,98 para os perfis 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 4).

Os óxidos de alumínio e ferro extraídos pelo ataque sulfúrico apresentaram maiores valores para os perfis situados no patamar superior (Tabela 4), o mesmo observado por Campos et al. (2011) na região de seus estudos, verificando teores mais expressivos nas áreas de topo, quando comparados às áreas de encosta e sopé de transporte da topossequência pesquisada. Para os óxidos de alumínio, os resultados também foram parecidos com os de Campos et al. (2011), em que valores superiores foram encontrados para os solos dos topos.

TABELA 4

Teores de Si, Al, Fe, Ti e Mn, expressos em óxidos, determinados no extrato da digestão sulfúrica da TFSA e as relações moleculares Ki e Kr

Perfis	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	Ki	Kr
	g kg^{-1}						
1	117,0	237,4	112,1	28,3	0,2	0,84	0,64
2	157,8	241,5	133,7	28,1	0,3	1,11	0,82
3	154,6	268,9	171,3	32,9	0,4	0,98	0,69
4	174,0	192,1	93,3	22,8	0,3	1,54	1,18
5	124,7	113,9	70,3	16,6	0,2	1,86	1,33

Fonte: PEREIRA, 2019.

A presença de óxidos de ferro (hematita e goethita), hidróxidos de alumínio (gibbsita), bem como dos óxidos de titânio (ilmenita), é muito comum em solos de ambientes tropicais e subtropicais, devido às condições de intensa lixiviação (FERREIRA et al., 2003).

Na fração areia, os perfis do patamar superior apresentam a mesma composição mineralógica, quartzo e ilmenita, em diferentes proporções, exceto o primeiro perfil, que contém em seu composto a gibbsita, mineral muito presente em solos mais evoluídos (Tabela 5). Moniz (1972), citado por Ávila (2009), afirma que em condições de lixiviação intensa ocorre uma dessilicatização completa (alitização) e a própria caulinita entra em instabilidade, se decompondo formando hidróxidos de alumínio. A ilmenita, presente nos perfis do patamar superior, apresenta como composição os óxidos naturais de ferro e titânio (RODBARI et al., 2015), coincidente com os maiores teores de Fe_2O_3 e TiO_2 levantados nas análises de ataque sulfúrico.

TABELA 5

Composição mineralógica das frações areia e argila do horizonte Bw dos perfis dos patamares superior e inferior da área de estudo

Patamares	Perfis	Horizonte	Areia	Argila
Superior	Perfil 1	Bw	Qz (99,4%), Im (0,3%) e Gb (0,3%)	Ct (72,2%), Gt (24,3%) e Gb (3,5%)
Superior	Perfil 2	Bw	Qz (99,7%) e Im (0,3%)	Ct (94%) e Gb (6%)
Superior	Perfil 3	Bw	Qz (98,3%) e Im (1,7%)	Ct (90,1%) e Gb (9,9%)
Inferior	Perfil 4	Bw	Qz (99,1%) e Mv (0,9%)	Ct (89,3%) e Gt (10,7%)
Inferior	Perfil 5	Bw	Qz (98,3%) e Sm (1,7%)	Ct (84,4%) e Gt (15,6%)

Qz: quartzo; Im: ilmenita; Gb: gibbsita; Mv: muscovita; Sm: sillimanita; Ct: caulinita; Gt: goethita. **Fonte**: PEREIRA, 2019.

No segmento de topo mais elevado da topossequência estudada por Campos et al. (2011) foram encontrados os minerais quartzo, gibbsita, hematita e ilmenita para o Latossolo Vermelho estudado, mesmos minerais presentes nos perfis do patamar superior. Este segmento em que se encontra o solo foi considerado o mais evoluído dentre os demais, consequentemente, o solo analisado apresenta um estágio mais avançado de lixiviação.

Os perfis do patamar inferior apresentaram como mineral comum na fração areia, e em diferentes proporções, o quartzo, além da muscovita para o perfil 4 e sillimanita no perfil 5. A presença de muscovita, um mineral pertencente ao grupo dos filossilicatos (micas), no perfil 4 (patamar inferior), um dos solos mais rejuvenescidos, corrobora com Campos et al. (2011) em sua área de estudo, que relataram a presença de micas para os segmentos na topossequência considerados menos estáveis, ou seja, locais em que a ação do intemperismo é menos intensa em relação ao topo mais elevado. A sillimanita, presente na composição mineralógica do perfil 5, é um mineral do grupo dos aluminossilicatos, muito comuns em gnaisses, e pode ser alterada formando a muscovita (NAVARRO et al., 2017), essa encontrada no perfil 4 do mesmo patamar.

No que se refere à fração argila, observou-se presença de goethita nos perfis 1, 4 e 5, gibbsita para todos os perfis do patamar superior, e caulinita para todos os perfis da área de estudo. O predomínio de gibbsita para os perfis do patamar superior pode ser associado com os seus maiores teores de alumínio, sabendo que é uma das formas minerais do hidróxido de alumínio. Oliveira e Jiménez-Rueda (1996), citados por Ávila (2009), afirmam que a simples presença da gibbsita já indica que o solo sofreu um processo de alitização.

O intemperismo dos minerais em regiões tropicais pode ser explicado pelo processo de remoção da sílica, que faz com que os mineirais do tipo 2:1 percam estabilidade, iniciando a formação da caulinita (MONIZ, 1972 apud ÁVILA, 2009). Com a instabilidade dos minerais e a formação da caulinita, através do processo de intemperismo constante, a perda de sílica persiste, obedecendo à hipótese da formação da gibbsita a partir de silicatos de alumínio, passando por intermediários de minerais de argila, como a caulinita (SOARES, 2010). Essa hipótese baseia-se na observação da maior presença de gibbsita em solos de intemperismo bastante avançado, enquanto em solos de menor avanço do intemperismo a caulinita é quase sempre o mineral dominante (SOARES, 2010). Portanto, a gibbsita é um produto final do intemperismo avançado dos solos, o que coincide com a presença desse mineral na fração argila nos perfis do patamar superior, caracterizando-os como mais evoluídos em relação aos demais.

As relações moleculares Ki e Kr permitem inferir quanto à composição mineralógica dos solos, classificando-os em cauliníticos (Ki e Kr > 0,75), oxídicos (Kr < 0,75) e gibbsíticos (Ki e Kr ≤ 0,75) (OLIVEIRA, 2005 apud ÁVILA, 2009).

Resgatando as informações dos dados obtidos pelo ataque sulfúrico, tomando como base os resultados da fração argila para mineralogia, alguns dos perfis estudados da área de estudo apresentaram teores de Ki e Kr superiores à 0,75, portanto cauliníticos. Esta observação coincide com a presença considerável em percentual de caulinita nesses perfis de Latossolos, com exceção dos perfis 1 e 3, que apresentaram Kr inferior à 0,75, sendo os mesmos considerados oxídicos, solos bastante intemperizados, além de serem os únicos com ΔpH positivo.

Os perfis considerados cauliníticos corroboram com os Latossolos estudados por Nunes et al. (2001), que observaram o Ki abaixo de 2,2, que condiz com a definição de B latossólico, e não muito abaixo desse valor, correspondendo os valores mais próximos e abaixo de 2,2 encontrados para os perfis 2, 4 e 5.

As informações e dados coletados nas análises desenvolvidas foram fundamentais para avaliar o grau de evolução dos Latossolos, além da cronologia relativa das superfícies estudadas, demonstrados no Quadro 2.

QUADRO 2
Quadro síntese dos resultados

Patamares	Perfis de Latossolos	Relação silte/ argila	Textura	ΔpH	Condutividade elétrica	Ataque sulfúrico	Mineralogia
1	1, 2 e 3	Menores teores	Muito argilosa	Menor presença de carga negativa	Menores teores	Menores Ki e Kr; maiores quantidades de óxidos de ferro, alumínio e titânio	Fração areia: quartzo, gibbsita (perfil 1) e ilmenita Fração argila: caulinita, goethita e gibbsita
2	4 e 5	Maiores teores	Argilosa	Maior presença de carga negativa	Maiores teores	Maiores Ki e Kr; menores quantidades de óxidos de ferro, alumínio e titânio	Fração areia: quartzo, muscovita (perfil 4) e sillimanita (perfil 5) Fração argila: caulinita e goethita

Fonte: PEREIRA, 2019.

Conclui-se que os Latossolos presentes no patamar superior são mais evoluídos, o que implica entender que essa superfície apresenta maior grau evolutivo em relação ao patamar inferior, esse apresentando Latossolos menos evoluídos.

4. Considerações Finais

As análises físicas, químicas e mineralógicas executadas foram fundamentais para mensurar o grau de evolução dos Latossolos da área de estudo, bem como avaliar a idade relativa das superfícies geomórficas, que permitiram estudar e discutir a relação solo-paisagem na região da Serra de São Geraldo/MG.

Os solos do patamar superior foram considerados mais evoluídos em relação aos do inferior, pois apresentaram maior teor de argila, textura muito argilosa, relação silte/argila menor, menor condutividade elétrica, maior concentração de óxidos de ferro, alumínio e titânio, além de apresentarem relações moleculares Ki e Kr inferiores. A mineralogia dos solos do patamar superior contou com a presença de gibbsita, diferentemente dos solos do patamar inferior, que apresentaram muscovita e sillimanita, minerais muito presentes em solos menos evoluídos. Os parâmetros utilizados para analisar os atributos dos solos quanto ao nível de intemperismo definiram o grau de evolução dos Latossolos, estando bem correlacionados com a idade relativa das superfícies. A relação solo-paisagem da área de estudo é bem marcada, apresentando solos mais evoluídos sob condições morfológicas que contribuem para o avanço intempérico. Isso se torna mais evidenciado quando há comparações entre as duas superfícies de diferentes cotas altimétricas, apresentando solos com maior grau de evolução, a partir de seus atributos, nas superfícies mais elevadas.

Referências

ALMEIDA, B. G.; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. G. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A. & TEIXEIRA, W. G. **Padronização de Métodos para Análise Granulométrica no Brasil**. Comunicado Técnico 66, Rio de Janeiro, 2012. 11 p.

ANDRADE, H. SCHAEFER, C. E. G. R.; DEMATTÊ, J. L. I & ANDRADE, F. V. **Pedogeomorfologia e micropedologia de uma sequência Latossolo – Areia Quartzosa hidromórfica sobre rochas cristalinas do Estado do Amazonas**. Geonomos, v.5, n.1, 1997. p.55-66.

ÁVILA, F. F. **Análise da cobertura pedológica em uma topossequência na bacia do Córrego dos Pereiras – Depressão de Gouveia/MG**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. 134 p.

BARRETO, W. O.; PAULA, J. L. & DUARTE, M. N. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. EMBRAPA. 2ª edição. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, S.; RIBEIRO FILHO, M. R. & SOUZA, R. V. C. C. **Relações solo-paisagem em uma topossequência sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré (AM)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, edição 35, 2011. p. 13-23.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, S.; RIBEIRO FILHO, M. R. & ALMEIDA, M. C. **Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência Várzea-Terra Firme na região de Humaitá (AM)**. Revista Brasileira Ciência Solo, 2012. 36: p.325-336.

CARMARGO, O. A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada. Campinas (SP), Instituto Agronômico, 2009. 77p.

CHEREM, L. F. S. **Morfo-pedogênese das bordas dos planaltos escalonados do sudeste mineiro**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. Evolução Crustal e Recursos Naturais. Área de Concentração: Geologia Ambiental e Conservação de Recursos, 2012. 122 p.

CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, N.; PEREIRA, G. T. & LEPSCH, I. F. **Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma sequência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP)**. R. Bras. Ci. Solo, 29, 2005. p. 81-90.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G. & VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª edição, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2011. 225 p.

FERREIRA, B. A.; FABRIS, J. D.; SANTANA, D. P. & CURI, N. **Óxidos de ferro das frações areia e silte de um nitossolo desenvolvido de basalto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27, 2003. p. 405-413.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina do texto, 2002. 178 p.

NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A.; MONTIBELLER, C. C. & LEME, T. G. **Livro de referência de minerais comuns e economicamente relevantes: nesossilicatos**. Museu de Minerais, Minérios e Rochas "Prof. Dr. Heinz Ebert". 2017. 5 p. Disponível em: <https://museuhe.com.br/site/wp-content/uploads/2018/02/Museu-HE-SILLIMANITA.pdf>.

NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I. & GOMES, F. H. **Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do "mar de morros", Minas Gerais**. R. Bras. Ci. Solo, ed. 25, 2001. p. 341-354.

QUEIROZ NETO, J. P. **Pedologia: Conceito, Método e Aplicações**. RDG – Revista do Departamento de Geografia, USP, v. 3, 1984. p. 95-102. Disponível em: <revistas.usp.br/rdg/article/download/47088/50809>. Acesso em 12 de jul. de 2017.

RAMOS, A. L. L. S. **Características micromorfológicas de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos da porção norte da bacia do Córrego do Rio Grande, em Gouveia (MG)**. Dissertação do Departamento de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. 139 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C. & REZENDE, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações**. 2ª ed., revista ampliada, Editora UFLA, 2011. 206 p.

RODBARI, R. J.; JAMSHIDI, L. C. L. A.; NASCIMENTO, L.; TÉLLEZ, D. A. L. & HERNÁNDEZ, E. P. **Caracterização da ilmenita por difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura**. Revista Colombiana de Materiales, n. 7, 2015. p. 82-93.

SOARES, L. C. **Estudo da retenção de cromo em alumina, gibbsita e aluminossilicatos e avaliação dos processos de lixiviação**. Dissertação do Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. 75 p.

CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO JATOBÁ, MUCAMBO – CE

Noélia André Diniz
Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA
Junco, 62030000 – Sobral, CE E-mail: noelia5dinniz@gmail
Clélia Ferreira Rodrigues
Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA
Junco, 62030000 – Sobral, CE E-mail: cleliarodrigues2015@gmail.com
Ernane Cortez Lima
Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA
Junco, 62030000 – Sobral, CE E-mail: ernane_cortez@uvanet.br

Resumo

A Sub-bacia hidrográfica do riacho Jatobá, localiza-se no município de Mucambo, e parte do município de Sobral e Ibiapina. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma compartimentação do relevo da sub- bacia hidrográfica do riacho Jatobá e em seguida discutir as formas identificadas. Para isso foram realizadas levantamento bibliográfico e cartográfico, pesquisa de campo, bem como utilização de técnicas de geoprocessamento para a elaboração dos mapas. A Geomorfologia da sub-bacia em questão é bastante heterogênea o que em parte, reflete o condicionamento do relevo em relação à geologia local. Os Resultados e discursões obtidos foram: a presença de quatro unidades geomorfológicas que estão distribuídas de formas distintas na área de estudo, são elas: Depressão Sertaneja, Planície fluvial, Planalto da Ibiapaba e Inselberg. Conclui-se que é importante verificar as caracterização geomorfológica, pois esta pode vir a contribuir com o gerenciamento e planejamento ambiental.

Palavras-chave: Caracterização geomorfológica, Riacho Jatobá, Geoprocessamento.

1. Introdução

A geomorfologia consagra-se como ciência do que há de mais concreto na superfície terrestre e que se constitui como um dos principais fatores da interação entre o gênero humano e o meio natural. Como a ciência do relevo, a Geomorfologia compreende-o enquanto um dos componentes do meio ambiente, aparentemente monótono e estático, porém, apresenta-se de maneira dinâmica e multiforme nas várias escalas de tempo e espaço.

De forma clara, a Geomorfologia apresenta seus fortes vínculos com a Geografia e a Geologia sendo que, no Brasil, grande foi o empenho e a contribuição dos geógrafos na construção dessa área do conhecimento humano onde, nos últimos 60 anos verificaram-se sucessivas gerações de geógrafos (geomorfológico), sendo esses, os de maior expressão dentro do contexto nacional.

O conhecimento por parte de pesquisadores em Geomorfologia não se limitou ao reconhecimento de formas e suas respectivas tipologias, mas, empenhou-se em reconhecer seus processos geradores e, dentro deles, buscou respostas para os diversos efeitos das relações entre homem e natureza – incluindo o relevo.

Marques (1994) apresenta alguns questionamentos que têm sido perseguidos por essa ciência. Por exemplo, a articulação entre os processos; a evolução das formas; o relevo como agente ambiental; como interferir, controlar e conviver com os processos geomorfológicos; como modelar a evolução das formas para diferentes escalas de espaço e tempo. Para responder a tais questionamentos a pesquisa em Geomorfologia vale-se de informações referentes à geologia de determinado recorte espacial, seu clima, hidrologia, topografia, pedologia e seus respectivos componentes biológicos.

Toda essa coletânea de dados, sejam eles qualitativos ou quantitativos, contribuirão para a construção de um quadro geomorfológico dinâmico capaz de explicitar a abrangência e a recorrência dos processos responsáveis pela esculturação das formas atuais, seja por ação construtiva ou destrutiva.

Portanto, a abordagem do relevo como resultado de processos geomorfológicos sucessivos suscita a relevância da compreensão dessas importantes variáveis, elencando-as como objetos de estudo complementares da Geomorfologia. A análise geomorfológica possui amplo espectro de aplicação e possibilita o entendimento dos processos ambientais que modelam a superfície da Terra, afetando a segurança e o desenvolvimento das atividades humanas.

Seu conhecimento é fundamental para o planejamento territorial e ambiental, devendo subsidiar a realização de projetos e obras em qualquer escala espacial de análise. A análise geomorfológica pode envolver a elaboração de mapas, que servem de base para elaboração de cenários ambientais, para identificação e delimitação de áreas de risco e dos passivos ambientais presentes ou decorrentes dos diferentes tipos de empreendimentos.

A geomorfologia está inserida na caracterização do meio físico nos estudos inerentes à empreendimentos lineares, como rodovias e ferrovias, integrando-se com outros dados, como pedologia, clima, geologia e recursos hídricos. A Geomorfologia funciona como principal critério para a caracterização geoambiental e delimitação de Sistemas Ambientais, já que possui um caráter de síntese das particularidades e interações peculiares do ambiente. Além disso, o relevo é também um relevante condicionante do uso e da ocupação do espaço.

Casseti (1995) considera o relevo um componente do estrato geográfico no qual o homem vive como suporte das interações naturais e sociais. É um produto do antagonismo entre as forças endógenas e exógenas, de grande interesse da Geografia como objeto de estudo, por ser no relevo que se refletem as interações naturais e culturais.

Para se analisar as mudanças ambientais impetradas pelo homem, é preciso entender que tudo começa a partir da necessidade dele (o homem) ocupar certo espaço, este explícito pelo relevo. A ocupação dessa parcela do relevo, tanto como suporte, quanto como recurso, consequentemente, culminará em modificações do estado inicial ou primitivo (desmatamento, poluição, manejo inadequado do solo, entre outros), gerando alterações da exploração biológica, as quais se refletirão diretamente no potencial ecológico.

No intuito de estabelecer diretrizes para uma melhor abordagem geomorfológica, sobretudo do Quaternário, Ab'Saber (1969) apresenta os níveis de integração da análise geomorfológica fundamentado em exaustivas atividades de pesquisa de campo e gabinete e propõe como subsídio metodológico, os seguintes níveis de abordagem:

- a compartimentação topográfica: consiste na caracterização precisa das formas de relevo de cada compartimento analisado; refere-se à identificação de unidades geomorfológicas (análise horizontal);

- estrutura superficial da paisagem: análise das formações superficiais derivadas dos processos paleoclimáticos e morfoclimáticos que atuaram na formação dos compartimentos topográficos, proporcionando o entendimento cronogeomorfológico dessas unidades;

- fisiologia da paisagem: trata dos processos morfoclimáticos em atuação, estabelecendo a funcionalidade da paisagem como um todo, baseada no comportamento dos elementos do clima, motores da morfodinâmica atual; nesse nível insere-se o homem como sujeito que se apropria da paisagem, modificando as relações entre as forças de ação (processos morfodinâmicos) e reação do substrato (comportamento das vertentes).

Face o exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma abordagem em primeiro nível da sub-bacia hidrográfica do riacho Jatobá, realizando a compartimentação do relevo e discutindo as formas identificadas.

2. Área de Estudo

A Sub-bacia hidrográfica do riacho Jatobá, localiza-se no noroeste do estado do Ceará compreende o município de Mucambo, e parte do município de Sobral e Ibiapina (figura 1). Situa- se a uma distância de cerca de 245km da capital Fortaleza.

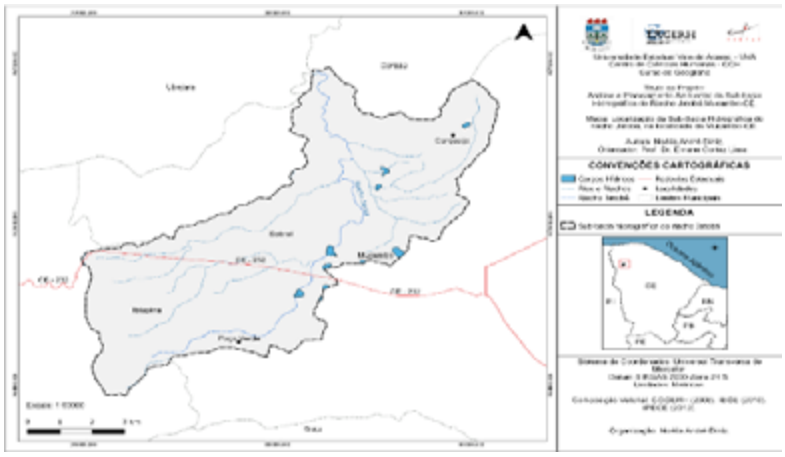


Figura 1: Mapa de Localização da Sub-bacia Hidrográfica do Riacho Jatobá Mucambo-CE.
Fonte: Arquivo dos autores.

3. Metodologia

A pesquisa foi dividida em três etapas, sendo elas levantamento bibliográfico/cartográfico da referida Sub-bacia, levantamento de campo, e técnica de geoprocessamento, para a caracterização geológica e geomorfológica foram realizados levantamentos bibliográficos setorizados. Dessa forma, foram utilizadas bibliografias geológicas do (CPRM,2003) e do (RADAMBRASIL,1982). Para uma melhor descrição das unidades geomorfológicas utilizou-se os estudo de autores como Ab'Sáber (1969), Bertrand (1972), Claudino-Sales e Lira (2011) (MEIRELES, 2005). Rodrigues (2018), Souza (1988; 2003) e SUGUIO, (1998).

No levantamento cartográfico os mapas temático de Geologia, utilizou-se como referência o mapa geológico do estado do Ceará (CPRM, 2003), na escala de 1:500.000. Teve-se como base cartográfica os arquivos vetoriais da Estrutura Geológica e das Unidades litoestratigráficas, disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2003), na legenda foram inseridos informações sobre a cronoestratigrafia, litoestratigrafia e suas caraterísticas, representadas pelas nomenclaturas empregadas no mapa utilizado como referência.

Para o mapa geomorfológico utilizou-se a metodologia de Souza (2003) reafirmada por Meireles (2005), o que possibilitou quatro compartimentações geomorfológicas para a área em estudo: a Depressão Sertaneja, Planalto da Ibiapada, Planicie Fluvial e o Inselbergs. Portanto, geraram-se novos arquivos vetoriais, correspondente a cada compartimento topográfico. O arquivo gerado foi plotado numa interface na escala de 1:60000, atribuindo-lhes diferenciação de cores, estando estas, representadas na legenda. Foram realizados alguns trabalhos de campo em diferentes períodos do ano na área de estudo, sendo alguns deles decorrentes de objetivos genéricos, tais como aulas de campo, além de trabalhos de campo específicos que abrangeram a bacia hidrográfica como um todo.

4. Resultados e Discussões

A geomorfologia consagra-se como a ciência que estuda as formas do relevo, considerando todos os fatores que permitem sua existência, desde os materiais que a constroem até a sua dinâmica evolutiva. Chiristofoletti (1994) aponta a relevância da Geomorfologia enquanto ciência que auxilia a compreensão das formas da terra que constituem o sistema ambiental físico e condicionam as atividades humanas e suas respectivas disposições espaciais.

A morfologia do relevo pode transmitir uma falsa impressão de que são componentes que podem ser dissociados da paisagem e que apresentam-se de forma estática em diferentes escalas de espaço e tempo. Entretanto, o relevo terrestre está associado aos demais componentes do meio físico natural e suas interações são responsáveis pela gênese das várias fisionomias da crosta terrestre, refletindo o todo ambiental que está em constante processo de ajuste.

Dentro dessa proposta, o relevo é um dos elementos que integra o clima, o ciclo hidrológico, os solos e a vegetação, tornando o seu estudo imprescindível para a compreensão dos sistemas ambientais. A atuação antagônica das forças endógenas e exógenas, segundo Ross (1990), são determinantes para toda a existência e toda a dinâmica do meio biótico e abiótico da Terra.

Dessa forma, o relevo é resultante e causador dessas forças na medida, por exemplo, em que fatores endógenos atuam sobre a crosta alterando sua forma, iniciando ou dando nova roupagem a forças exógenas. Portanto, o relevo deve ser compreendido através do entendimento do conjunto paisagístico como um todo, mediante a relação existente entre os elementos da paisagem e os mecanismos da gênese morfológica da Terra.

Os aspectos geológicos e geomorfológicos são muito importantes, pois permitem conhecer a área de estudo levando em consideração a sua estrutura, os fatores de formação endógenos, e os fatores exógenos, determinando assim o modelado do relevo e a dinâmica da superfície.

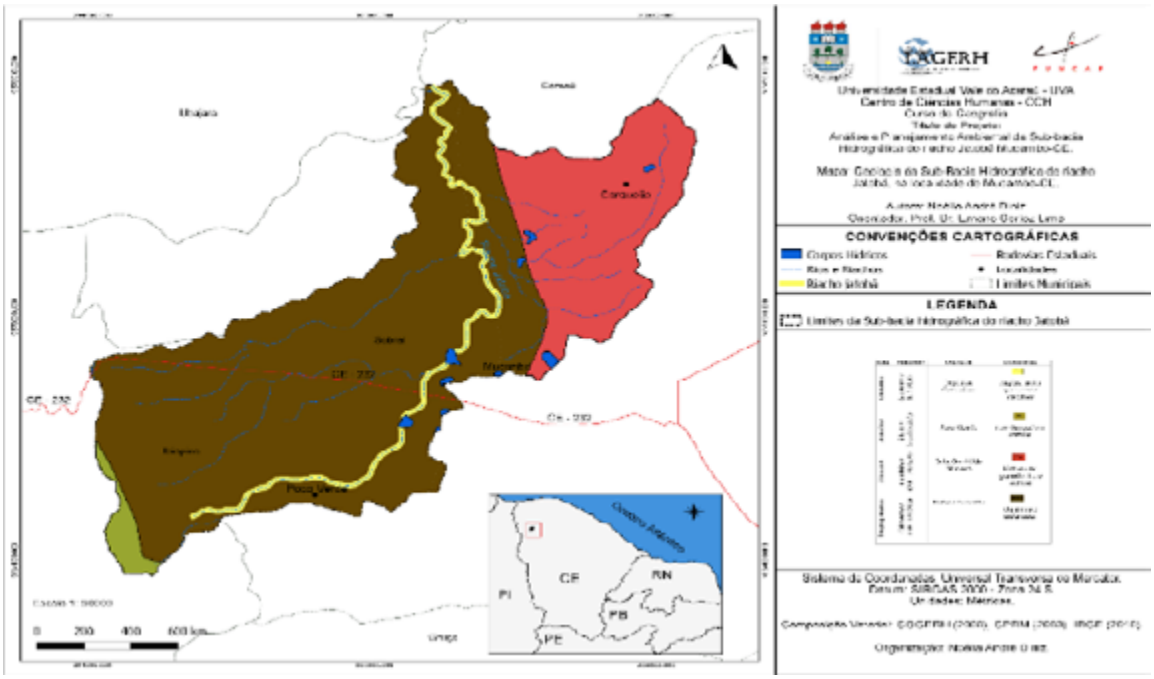


FIGURA 2: Mapa de Geologia da Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Jatobá, na localidade de Mucambo-CE.
Fonte: Arquivo dos autores.

Segundo o mapa Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará (CPRM, 2003), na escala 1:500.000, constatou-se que a área da sub-bacia hidrográfica do riacho Jatobá é formada por significativa variedade litoestratigráfica, apresentando Serra grande, Suíte Granitóite Meruoca, Termometamorfito, verificar mapa 2. A classificação das Unidades Litoestratigráfica da área em estudo está de acordo com sua composição e coloração, seguindo as informações da CPRM (2003) e a classificação do projeto RADAMBRASIL (1982).

Os Depósitos Cenozoicos são compostos por argilas, areias, quartzosas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas/ fluvial, de granulação grosseira. Tendo a nomenclatura Q2a, configuram-se em áreas onde a disponibilidade de energia é relativamente baixa para o transporte. Esta unidade aparece de forma mais intensa no baixo curso onde o gradiente dos canais é baixo, possibilitando o processo de acumulação. São constituídos por materiais detrítico ou clástico procedente diretamente do transporte de materiais resultante do intemperismo das rochas preexistentes (BIGARELLA et al., 2009).

Serra Grande**,** datada da era Paleozóica no período Siluriano, de idade variando de 435 a 411 milhões de anos, apresenta uma litologia composta de conglomerados e arenitos em parte felspátios, com intercalações de siltitos e folhelhos (fluvial entrelaçado, marinho raso e glacial), possuindo uma declividade variando de fortemente ondulado a escarpado.

A Suíte Granitoide Meruoca**,** apresenta-se em tons avermelhados a cinzentos ou esbranquiçados, de nomenclatura £y4m, são encontrados ao topo da área, no médio curso. É composta por monzonitos, granodioritos e sienitos (rara fase diorítica) com predomínio da fácies equigranular, com granulação de média a grosseira, incluindo fácies porfiríticas. Os sienitos constituem as rochas ígneas intermediárias, que se assemelha ao granito, mas sem ou então com muito quartzo. Os Graonodioritos pertencem ao grupo dos granitos, muito embora não seja estritamente um, no entanto, é o tipo mais comum.

Termometamorfito, apresenta uma litologia composta de quartzitos conglomeráticos, arenitos grossos epimetamórfitos, mal classificados, metereníticos finos a médios, com matriz siltico- argilosa.

A Geomorfologia da área de estudo é bastante heterogênea e, em parte, reflete o condicionamento do relevo em relação à geologia local. Para Claudino-Sales e Lira (2011), as estruturas passaram por processo evolutivo, onde destaca-se o ciclo Orogenético Brasiliano no final do Pré-cambriano, que uniu Brasil e África, gerando o megacontinente Panótia, reproduzindo áreas extensas, com dobramentos e falhas, seguidas de metamorfismo regional e magmatismo, a separação do megacontinente Panótia, no início do Paleozóico, resultando na formação sedimentar da bacia do Parnaíba, reativação tectônica Cretácea, associada à separação do megacontinente Pangeia e, no Cenozoico a partir de processos erosivos diferenciados, através do clima seco.

Portanto a evolução do relevo do estado do Ceará está associada à ação tectônica e ao regime climático, ligados a eventos que geraram as condições morfoestruturais, a atuação constante dos argentes externos (atuação por diferença climática) e internos, tanto ativos (atividades tectônicas), como passivos (litologia e estrutura), originaramm as variadas formas do relevo cearense (MEIRELES, 2005).

Souza (1988; 2003) conforme afirmado por Meireles (2005), realizou a mais completa classificação morfoestrutural do relevo cearense, onde “as subdivisões dos domínios morfoestruturais obedecem ao modo de arranjos das formas de relevo, que tem como traços comuns quanto às características fisionômicas e genéticas.” (SOUZA, 2000, p.18).

O referido autor estabelece as seguintes Unidades Morfoestruturais: Domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozoicos (Planícies Fluviais, Formas Litorâneas e Tabuleiros); Domínios das Bacias Paleomesozóicas (Chapada do Araripe, Chapada do Apodi e Planalto da Ibiapaba); Domínios dos Escudos e Maciços Antigos (Planaltos Residuais e Depressão Sertaneja).

Com base em tal classificação têm-se para área da sub-bacia hidrográfica do riacho Jatobá o Domínio dos Escudos e Maciços Antigos (Depressão Sertaneja e os Inselbergs) e o Domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozoicos (Planícies Fluviais), e o Dominios das Bacias Paleomesozóica (Planalto da Ibiapaba) ver no mapa 3.

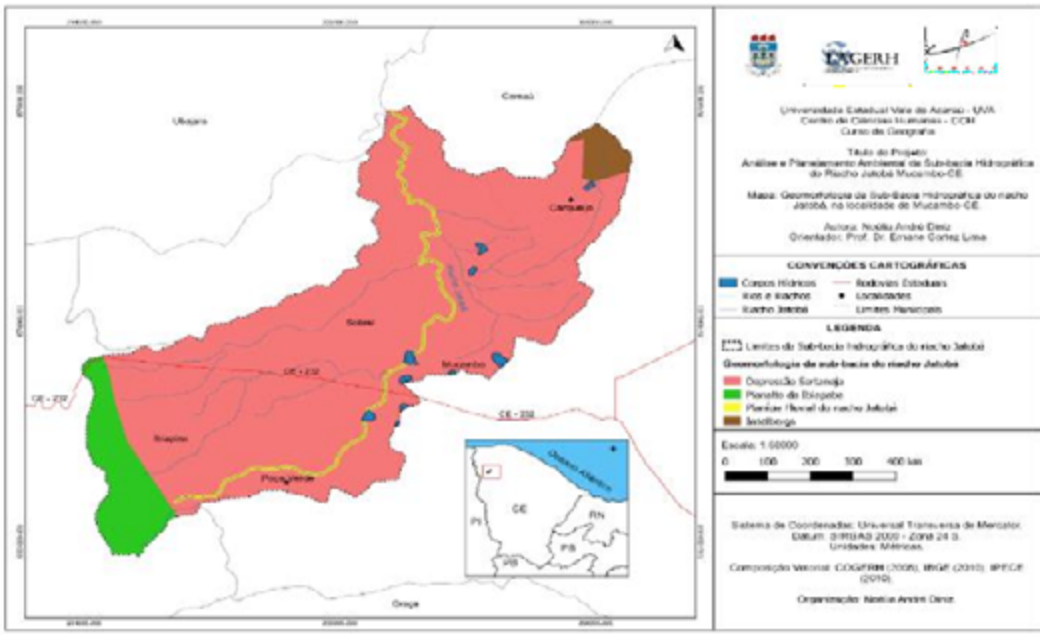


Figura 3: Mapa de Geomorfologia da Sub-bacia Hidrográfica do Riacho Jatobá, Mucambo-CE. Fonte: Arquivo dos autores.

Conforme Souza (2000), a unidade geoambiental da depressão sertaneja é caracterizada como sendo uma superfície aplainada moderadamente dissecada, sendo um ambiente de transição com tendência à instabilidade e vulnerabilidade moderada a alta. A depressão sertaneja se apresenta como formas deprimidas, com superfícies em processo erosivo, aplainada ou levemente onduladas, revestida de vegetação de caatinga de porte herbáceo-arbustivo e arbóreo, são caracterizadas pelo rebaixamento repentino do relevo correspondendo, a uma área mais baixa do que as demais, como já mencionado a depressão sertaneja corresponde a unidade geomorfológica predominante na área delimitada da sub-bacia do riacho Jatobá.

O Planalto da Ibiapaba representa a borda oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba através de um escarpamento abrupto e festonado no contato com a depressão sertaneja e um caimento topográfico suave que coaduna para o eixo central da sinéclise, se configurando num relevo cuestiforme. Verifica-se no Planalto da Ibiapaba a ocorrência de totais pluviométricos que superam a média geral do Estado do Ceará. A disposição do relevo frente ao deslocamento dos ventos úmidos, provenientes do Oceano Atlântico, favorece a ocorrência de chuvas orográficas no platô úmido da "cuesta" potencializando a existência de um enclave de mata úmida em meio ao semiárido. "A podogênese favoreceu a formação de Latossolos Vermelhos-Amarelos revestidos primeiramente pela mata plúvio-nebular (SOUZA, 2000).

A planície fluvial segundo Souza (2000) é ambiente de transição com tendência a instabilidade e vulnerabilidade moderada, áreas propícias à prática de lavouras irrigadas, limitações periódicas e sustentabilidade moderada a alta. A planície fluvial é delimitada por vertentes e os processos de deposição superam os de desgaste, apresentam características de acumulação e decomposição de sedimentos dos rios até que se forme uma superfície uniforme, na sub-bacia em questão a planície fluvial vai se encontrar nas imediações do riacho Jatobá.

Essas planícies são fortemente utilizadas nas atividades agroextrativista, pois significam área de diferenciação geoambiental por apresentarem condições melhores quanto às características edafopedológicas e hidrológicas em relação ao domínio das depressões sertanejas.

Estas feições acompanham longitudinalmente os principais rios e tendem a assumir maiores larguras nos baixos vales (SUGUIO, 1998).

A unidade geomorfológica Inselberg é apresentada por Souza (1979) como formas distribuídas em meio a depressão sertaneja erodidos ao longo da história geológica. São áreas que geralmente não apresentam cobertura vegetal. Conforme Rodrigues (2018) o intemperismo químico provoca uma acentuada percolação de suas atividades.

Isso faz com que o Inselberg evolua, aumentando em sua permeabilidade do granitoide devido principalmente a essas atividades de intemperismo presente nele, na qual esse granitoide teve que passar por intensas fases pedogenéticas, onde a interferência do clima úmido e a estabilidade tectônica contribuíram também para essa evolução desse inselberg.

De acordo com Rodrigues (2018) com o processo de intemperismo químico agindo e devido suas fraturas presente, fez com que água rebaixasse o inselberg e atingindo assim com mais facilidade o nível de base local e isso acabou influenciando a sua preservação de sua morfologia devido a esse rebaixamento por atividades do intemperismo químico.

5. Considerações Finais

A Sub-bacia hidrográfica do riacho Jatobá, possui uma diversidade paisagística que refletem diretamente nas suas condições de uso e ocupação. Essas diversidades foram compartimentadas em quatro sendo elas: Depressão sertaneja, Planalto da Ibiapaba, planície fluvial, e Inselberg.

Vale salientar que cada um desses subsistemas ambientais reflete suas características naturais que possuem certo grau de homogeneidade fisionômica, sendo observadas as condições de uso e ocupação, configurando os principais impactos ambientais na bacia, como foi retratado anteriormente em cada subsistema ambiental. É importante ressaltar que com a identificação das unidades geomorfológica pode vir a contribuir com o gerenciamento e planejamento ambiental, podendo ser utilizada para tomadas de decisões públicas, que tenham como objetivo a gestão em bacias hidrográficas.

Nesse sentido, a utilização de ferramentas como o geoprocessamento e o sensoriamento remoto tiveram destaque no levantamento, armazenamento, cruzamento e análise dos dados e informações sobre os componentes ambientais e de uso da terra da bacia hidrográfica, e possibilitou uma análise de toda sua extensão territorial, bem como do trabalho de campo, que foi fundamental para execução de todo os levantamentos dos recursos naturais da Sub-bacia.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico - FUNCAP pelo financiamento da pesquisa.

Referências

AB' SABER, Aziz Nacib. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do nordeste brasileiro. Geomorfologia, São Paulo, nº 19, p. 1-38, 1969. . Regiões de circundesnudação pós-cretácea no Planalto Brasileiro. Boletim paulista de Geografia. São Paulo, 1949.

BERTRAND. G. Paisagem e Geografia Física Global: **Esboço Metodológico**. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo, n.13,p.1-27,1972.

CPRM. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará**. Edição 2003 Esc: 1:500.000 CPRM, 2003. 105p.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Editora de UFG, 1994, 137 p.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Analise de sistemas em Geografia – Introdução.** São Paulo: Hucitec – Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

CLAUDINO-SALES, Vanda; LIRA, Maria Valdete. Megageomorfologia do noroeste do estado do Ceará, Brasil. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia MG, v. 12, n. 38 p. 200 – 209, 2011. Disponível em < http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16343/9157>. Acesso em: 12 Jun. 2021. COGERH. **Plano de gerenciamento das águas da bacia do Litoral, fase 1: estudos básicos e diagnóstico**. Fortaleza, 2010. Disponível em: <www.cogerh.ce.gov.br/.../51-relatorio-final-preliminar-**fase**- i?...**bacia-do-lit>**. Acesso em: 11 de junho. 2021.

LIMA, Ernane Cortez. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia de drenagem do açude Paulo Sarasate Varjota – Ceará.** Fortaleza, 2012. 201f. Tese (Doutorado em geografia)

– Universidade Federal do Ceará, UFC, 2012.

LIMA, E. C. **Análise e Manejo Geoambiental das Nascentes do Alto rio Acaraú**: Serra das Matas Ceará – Dissertação de Mestrado UECE, Fortaleza- 2004.

LIMA. F. M. **Manejo Florestal no Nordeste Semi-Árido** – Curso de Especialização em economia dos Recursos Naturais e Política Ambiental, UFC. Fort, 1993.

MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade. As unidades morfoestruturais do estado do ceará. in DANTAS, Eustógio W. C; SILVA, José Borzacchielo da. **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

RODRIGUES, Wesley Feitosa. **Evolução Geomorfológica do Inselberg Pedra da Andorinha, Taperuaba, Sobral.** 2018. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-graduação em Geografia, Fortaleza.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia: ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990.

SOUZA, M. J N. Bases naturais e esboço de zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, Luis Cruz (org.). Compartimentação territorial e gestão regional do estado do Ceará. Fortaleza: Editora FUNECE, 2000.

CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA E GRANULOMÉTRICA DOS DEPÓSITOS ALUVIAIS DA BACIA DO RIACHO DO TIGRE-PB

Adonai Felipe Pereira de Lima Silva
Universidade Federal da Paraíba
Cidade Universitária s/n - Campus I, 58059-900, Joao Pessoa – PB
E-mail: ad.felipelima@hotmail.com
Jonas Otaviano Praça de Souza
Universidade Federal da Paraíba
Cidade Universitária s/n - Campus I, 58059-900, Joao Pessoa – PB
E-mail: jonas.souza@academico.ufpb.br

Resumo

O semiárido do Brasil possui grande potencial para armazenar água em ambientes aluviais. O presente trabalho tem como objetivo a caracterização de depósitos aluviais representativos da bacia do Riacho do Tigre-PB, no semiárido brasileiro, correlacionando as informações das zonas fontes de sedimento e os depósitos aluviais. Para as análises químicas foram usados a Fluorescência de Raios X e a Difração de Raios X, enquanto que as análises químicas se deram por granulometria. Os resultados apontaram que o trecho 1 possui maior porcentagem de cascalho, o trecho 2 uma maior predominância de areia e o trecho 3 possui maior porcentagem de sedimentos finos em relação aos demais trechos. Foram identificados 13 óxidos no total, contudo no trecho 2 a diversidade de elementos é a maior. Foram identificados minerais em todos os trechos, sendo o trecho 1 e o trecho 2 os pontos com maior diversidade de minerais. Os resultados geoquímicos obtidos coincidem com as características geológicas da área.

Palavras-chave: Ambientes aluviais; Zonas fontes de sedimento; Ambiente fluvial semiárido.

1. Introdução

A região semiárida brasileira possui grande potencial para armazenamento de água em ambientes aluviais, o que pode potencializar as práticas relacionadas à agricultura. No entanto, a predominância de áreas com geologia cristalina e sistemas de aquíferos cristalinos de baixa potencialidade hidrogeológica pode comprometer a qualidade e quantidade das águas no semiárido brasileiro, visto que aproximadamente que 55% da área do Nordeste brasileiro é composta por rochas cristalinas, enquanto que 45% apresenta predominância de formações sedimentares (CPRM, 2004; LOPES et al., 2013).

Desse modo, as regiões semiáridas brasileiras geralmente possuem rios intermitentes devido ao clima e o relevo, havendo escoamento somente durante o período das chuvas e concentração de depósitos sedimentares nos leitos dos canais fluviais. Quando o escoamento superficial cessa, a água infiltrada no depósito sedimentar, entre os sedimentos arenoargilosos – podendo ser denominado de depósitos aluviais, depósitos aluvionares ou aluviões, sendo este último um substantivo de dois gêneros – permanece escoando lentamente em subsuperfície, porém, essas reservas podem vir a secar totalmente no final do período de estiagem, o que vai depender da espessura de cada depósito (COSTA e COSTA FILHO, 2015).

Assim como os aquíferos cristalinos, os aquíferos aluviais são formações aquíferas muito presentes no semiárido brasileiro, os quais geralmente apresentam pouca profundidade (2 a 6 metros), boa porosidade, alta permeabilidade e boa drenagem natural, possibilitando a permanência de água no lençol freático e menor capacidade de evaporação (SANTOS, FREIRE e SOUZA, 2009). Os aquíferos aluviais são menos profundos que os aquíferos cristalinos e seus níveis de água geralmente flutuam devido a diferentes taxas de recarga e bombeamento. Devido a sua natureza superficial e não confinada, os aquíferos aluviais são susceptíveis a contaminação e poluição (MURKHERJEE et al., 2015).

Os depósitos aluviais são reservas hídricas capazes de armazenar expressivos volumes de água. São formados por sedimentos clásticos (cascalhos, areias e finos) depositados nas margens e nos leitos das drenagens através dos processos dinâmicos ocorridos em um sistema fluvial (SÁ e DINIZ, 2012). Esses reservatórios hídricos são sustentáveis apenas enquanto puderem oferecer espaço de armazenamento de água suficiente para executar sua função (GRAF et al., 2010).

A importância do estudo dos depósitos aluviais no semiárido justifica-se pelo fato de que além de se tratar de um espaço com déficit hídrico, esses reservatórios são muito úteis para a agricultura de pequena escala. Além disso, são fáceis de escavar ou perfurar, tornando sua exploração simples, rápida, acessível e de baixo custo (SANTOS, FREIRE e SOUZA, 2009; SÁ e DINIZ, 2012; ALBUQUERQUE et al., 2015).

As aluviões correspondem a aquíferos com reservas estratégicas no semiárido brasileiro. Havendo a necessidade de quantificar as reservas hídricas subterrâneas para as práticas de planejamento, vários métodos vêm sendo utilizados na tentativa de se obter informações quantitativas das aluviões, cujos estes têm sido frequentemente classificados como livres ou semiconfinados. Um elemento importante a ser avaliado é a pluviometria, na qual está relacionada diretamente com as recargas das aluviões no ambiente semiárido, se configurando como a principal fonte de recarga (SILVEIRA et al., 2016).

Diante do que foi explanado, o presente trabalho tem como objetivo a identificação e caracterização de depósitos aluviais representativos da bacia do Riacho do Tigre-PB, no semiárido brasileiro. Nesse sentido, pretende-se correlacionar as informações acerca das áreas fonte e os depósitos a partir de dados do relevo, imagens de satélite, trabalho de campo, utilização de Sistema de Informação Geográfica e análises granulométricas e geoquímicas dos sedimentos.

2. Área de Estudo

A área de pesquisa se localiza na bacia hidrográfica Riacho do Tigre, com aproximadamente 560 km², localizada no município de São João do Tigre – PB, onde foram selecionados três trechos aluviais (P1, P2 e P3) para coleta de amostras, que foram retiradas do leito e das planícies de inundação (Figura 1). A bacia Riacho do Tigre possui certa variação de altitude e declividade, com mais intensidade na porção sudeste: a altitude varia entre 506 m e 1772 m, na qual a parte mais elevada se encontra no sudeste da bacia; já a declividade pode haver variação de 0% a 114,7%, sendo os maiores índices encontrados entre duas serras, que são as serras do Paulo e mais ao sul a serra de Santa Maria (figura 2).

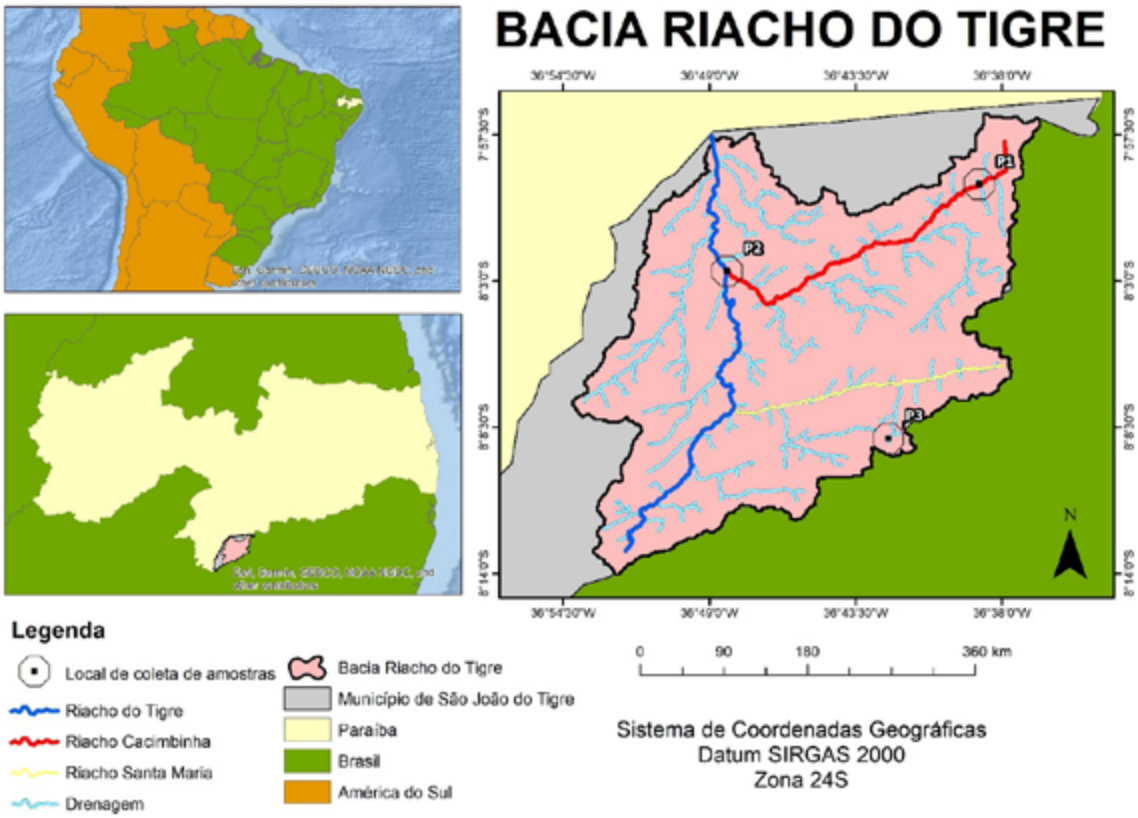


FIGURA 1: Mapa de localização da bacia Riacho do Tigre-PB.
Fonte: Arquivo dos autores.

Acerca da unidade de relevo, o município de São João do Tigre está completamente inserido no Planalto da Borborema, onde a parte mais elevada de São João do Tigre está situada na zona dos Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal, enquanto que a parte baixa está na Depressão Intraplanáltica Paraibana. A influência da estrutura geológica se deve às rochas cristalinas (figura 2), que são mais resistentes à erosão em relação aos outros tipos de rochas de áreas adjacentes (CORREIA et al., 2010).

Os rios da bacia são intermitentes, típicos de ambientes fluviais semiáridos com vazão ausente durante maior parte do ano, tendo em média menos de 40 dias de fluxo por ano. Contudo, não há dados observados, sendo que essa é a média padrão para canais de ordem semelhante na região (SILVA e SOUZA, 2017). O bioma é a caatinga, apresentando como vegetação predominante a Caatinga Hiperxerófila com presença de alguns trechos de Floresta Caducifólia.

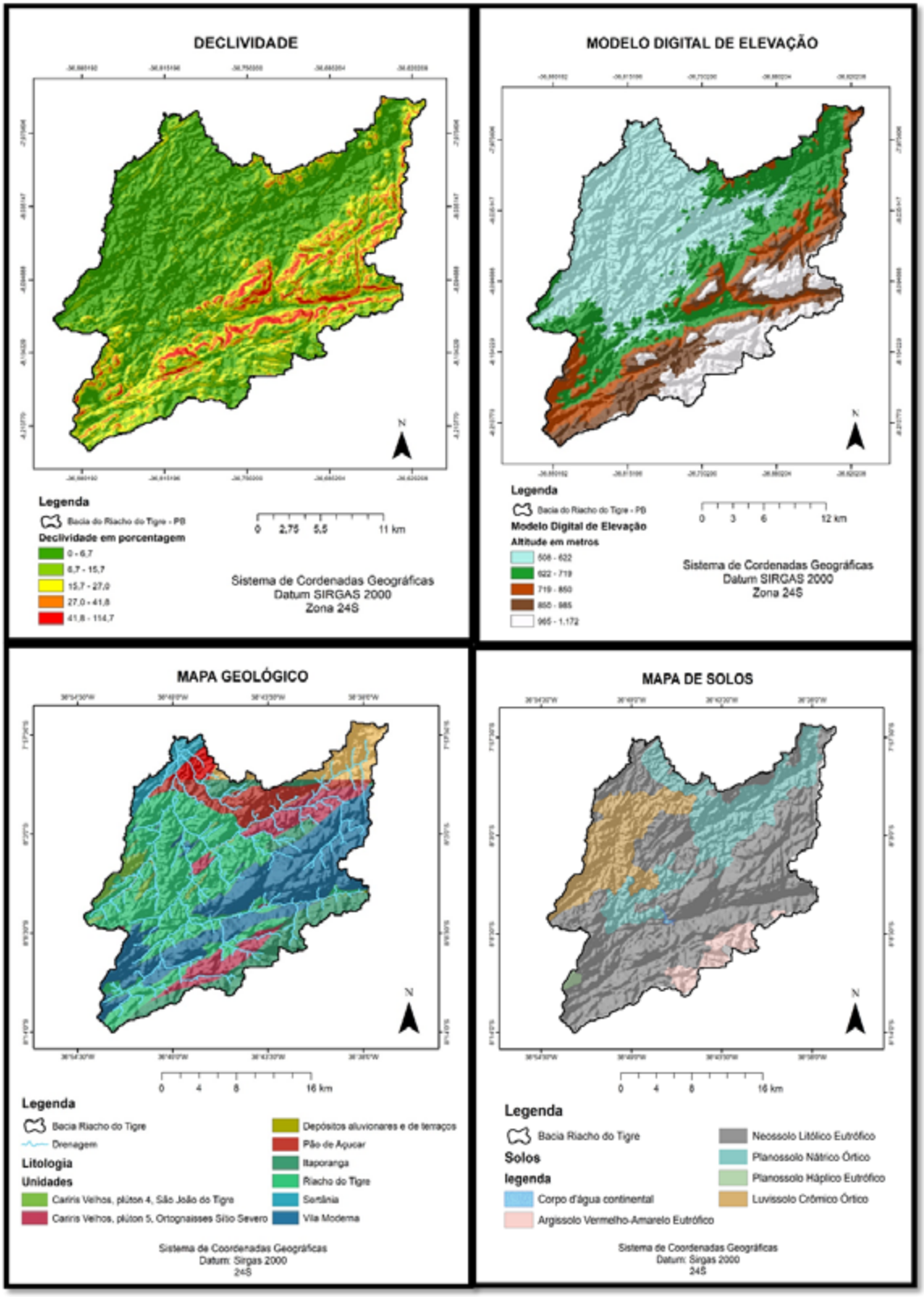


FIGURA 2: Mapas de Declividade, Modelo Digital de Elevação, Geologia e Solos da bacia Riacho do Tigre-PB.
Fonte: Arquivo dos autores.

O clima é Tropical Semiárido, com chuvas de verão nos períodos entre novembro e abril e apresentando pluviosidade média anual de 431,8mm. Os solos da bacia do Riacho do Tigre são representados pelas seguintes classes: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Neossolo Litólico Eutrófico, Planossolo Nátrico Órtico, Planossolo Háplico Eutrófico e Luvissolo Crômico Órtico. A geologia da área possui 9 unidades litoestratigráficas, de acordo com a figura 2: Cariris Velhos Plúton 4, Cariris Velhos Plúton 5, Depósitos Aluvionares, Pão de Açúcar, Suite Intrusiva Itaporanga, Complexo Riacho do Tigre, Sertânia, Vila Moderna e Granitóide de Serra de Barraca (SILVA, 2019).

3. Metodologia

Os dados necessários para o desenvolvimento da pesquisa foram obtidos através da literatura, dados de altitude do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de 90 metros da Embrapa, imagens orbitais LAND Sat do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), imagens SRTM de 30 metros do *US Geologic Survey* (USGS), e por fim os dados do trabalho de campo. Os dados exploratórios de campo foram adquiridos através do uso do GPS e fotografias. As amostras de sedimento foram extraídas do leito de três trechos fluviais representativos da bacia do Riacho do Tigre-PB, para processamento em laboratório referente aos procedimentos de granulometria e análise geoquímica.

A identificação das áreas de aquíferos aluviais foi precedida de análise prévia da drenagem por imagens de satélite do Google Earth. Depois, com a pesquisa de campo, foi realizada a verificação dos pontos analisados pelas imagens de satélite, e marcando a áreas de aluviões com GPS. Os pontos identificados foram analisados em suas características e escolhidos apenas os pontos representativos, ou seja, foram escolhidos os pontos de forma que seja possível evidenciar as diferentes características entre eles, como a topografia, o uso e ocupação do solo, a cobertura vegetal, a localização na bacia, entre outros. Em seguida, o mapeamento foi realizado através do ArcGis 10.5.

Buscando mapear as áreas fonte de sedimento, foi utilizado a técnica do TWI (*Topographic Wetness Index),* que é um índice topográfico de umidade, executado no Arc Gis 10.5 a partir da equação a seguir (BEVEN e KIRKBY, 1979): TWI = ln (a / tan b). Os valores foram calculados na ferramenta *Raster Calculator,* com dados inclusos da direção do fluxo (*flow Direction*), do fluxo acumulado (*flow accumulation*) e da declividade do relevo em graus, para gerar o mapa do TWI. As áreas com baixo valor de umidade serviram como base para mapeamento das áreas fontes de sedimento.

A análise granulométrica foi realizada em parte conforme os parâmetros metodológicos da granulometria por peneiramento de Gale e Hoare (1991), que segundo Guilherme et al. (2015), "a análise granulométrica feita por peneiramento é muitas vezes utilizada pelo baixo custo na aquisição do equipamento e no processamento das amostras". As amostras serão coletadas do leito dos canais fluviais e/ou planície de inundação para esta análise. Para a separação dos finos foi realizado o método da pipeta, baseados em parte na proposta metodológica de Gale e Hoare (1991) e da Embrapa (1997). O processamento das informações se deu através do *software* Sysgran 3.0.

As análises químicas e mineralógicas foram feiras através da Fluorescência de Raios X (FRX) e Difração de Raios X (DRX). Para a FRX, as amostras foram maceradas com auxílio de pistilo e almofariz e peneiradas em uma peneira redonda de 200 mesh. O equipamento utilizado foi o XRF-1800 da SHIMADZU. Os resultados dessa análise permitem gerar dados qualitativos e quantitativos da composição química em forma de óxidos das amostras correspondentes aos três pontos de análise, determinando os tipos de óxidos e suas respectivas concentrações por porcentagem.

Para as análises por DRX, as amostras foram maceradas com auxílio de pistilo e almofariz e colocadas em uma lâmina de vidro de superfície plana, sob a forma de uma película fina e submetida à irradiação por raios X com varreduras de 5° a 80° em 2 θ com velocidade de 2°/min. A intensidade de difração dos raios emitidos foi determinada pelos diversos planos cristalinos dos minerais e representada em um difratograma. Desse modo, foi utilizado um difratômetro de raio X, da marca SHIMADZU, modelo Lab X/XRD-6000, com potência de 2 kVA, voltagem de 30 kV e corrente de 30 mA, com fonte de radiação CuKα (λ=1,5406 Å). Em seguida, os valores obtidos foram trabalhados no *software* Crystallographica para identificação dos minerais das amostras, que é realizada por semelhança a partir do padrão difratométrico dos minerais contidos no banco de dados do ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

4. Resultados e discussões

A escolha dos pontos de análise se deu através de trabalho de campo exploratório. Nessa perspectiva, foram selecionados três trechos aluviais em localidades diferentes (Figura 1), assim como suas distintas características ambientais, para coleta das amostras de sedimento para as análises em laboratório.

Os três pontos de análise se diferenciam em suas localidades por diversos fatores, sobretudo, em relação à altitude, topografia, cobertura vegetal, uso/ocupação do solo e área de captação hídrica (Figura 2). O trecho 1 (P1) representa uma área de cabeceira em ambiente pedimentar; o ponto 2 (P2) se situa próximo a foz da bacia, numa área de confluência entre os dois principais rios da bacia, que é o riacho Cacimbinha e o riacho do Tigre; e o trecho 3 (P3) representa uma área de cabeceira em um topo de serra. Todos os pontos analisados correspondem a trechos fluviais com leitos arenosos (Figura 3).

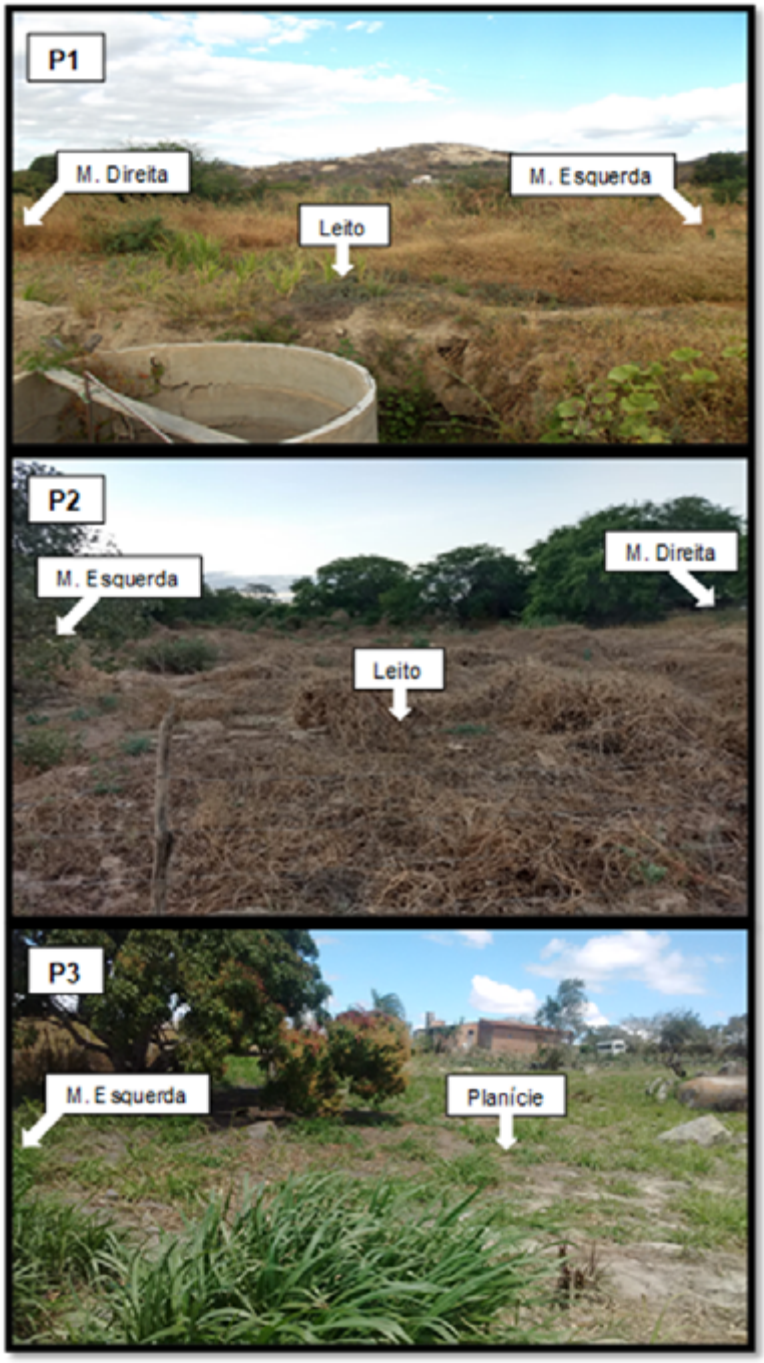


FIGURA 3: Fotografias dos trechos de análise P1, P2 e P3.
Fonte: Arquivo dos autores.

O mapa do índice topográfico de umidade (TWI) da bacia do Riacho do Tigre – PB, de modo geral, mostra que as áreas do extremo sul e leste da bacia possuem menores probabilidades de acumulação de água, enquanto que as áreas ao extremo norte e oeste possuem maiores probabilidades de acumulação hídrica, podendo indicar maior capacidade de infiltração nessas áreas. O trecho 1 está numa área de média acumulação hídrica conforme o TWI. O trecho 2 está numa área entre média e alta acumulação hídrica, pois é uma área de confluência entre os dois maiores riachos da bacia. O trecho 3 no mapa apresenta valores baixos de acumulação hídrica, normalmente por estar situado nas cabeceiras da bacia, no entanto, essa é uma área de topo plano, podendo haver áreas inundáveis nos eventos chuvosos.

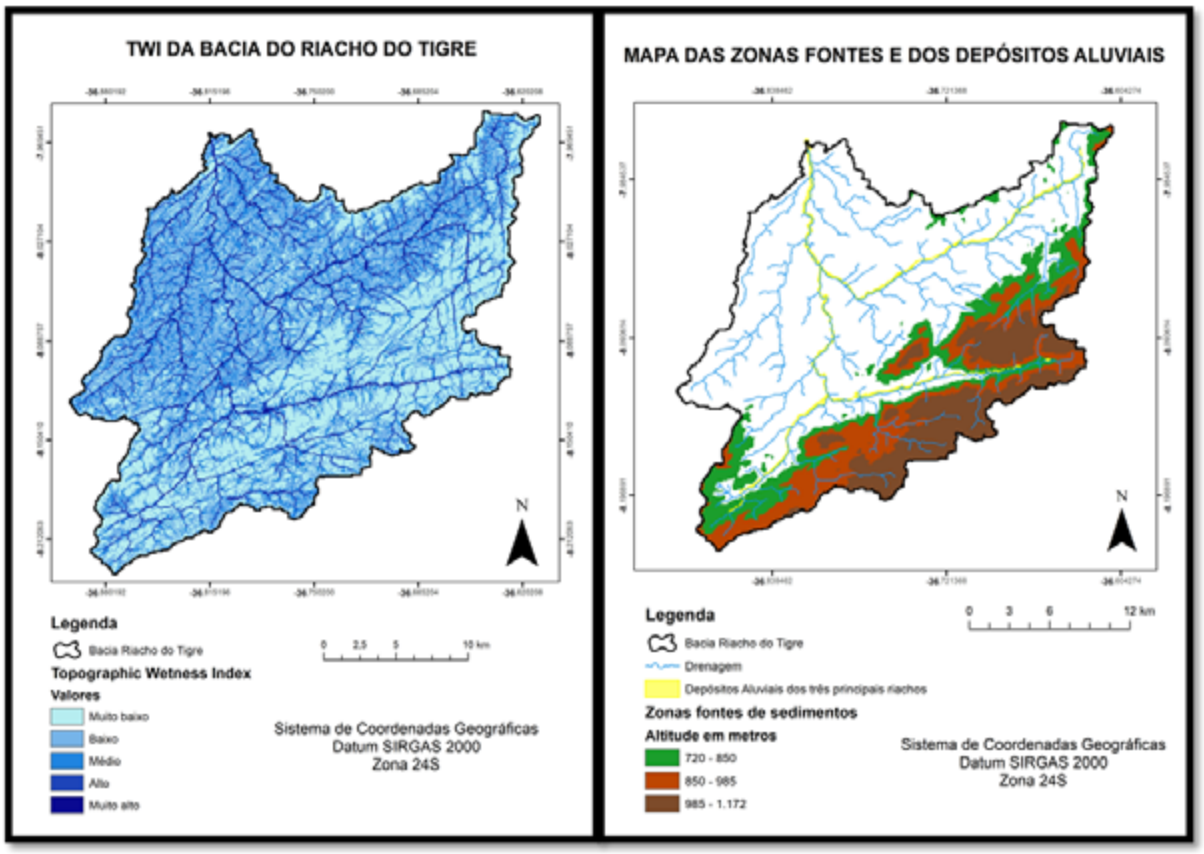


FIGURA 4: Mapa do Índice Topográfico de Umidade (esquerda) e o mapa das zonas fontes/depósitos aluviais (direita).
Fonte: Arquivo dos autores.

Em relação às análises físicas dos sedimentos, foram obtidas informações referentes à classificação, grau de seleção e porcentagem das frações granulométricas dos trechos analisados (Tabela 1). o trecho 1 possui classificação granulométrica de areia muito grossa e grau de seleção pobremente selecionado, refletindo em uma alta diversidade de frações granulométricas, porém, com uma quantidade maior de cascalho em relação aos outros trechos analisados.

A amostra do trecho 2 foi classificada como areia grossa e grau de seleção moderadamente selecionado, pois há uma alta predominância de sedimentos arenosos em relação às frações de argila, silte e cascalho. O trecho 2 também é o trecho com menor predominância de cascalho em relação aos outros, o que pode estar associado à baixa declividade em função de sua localização mais próxima da foz.

E o trecho 3 possui maior porcentagem de sedimentos finos em relação aos outros trechos, provavelmente em função de ser uma área de topo plano propícia aos alagamentos, reforçando a observação mencionada anteriormente sobre o resultado do TWI para o trecho 3. A classificação gerada foi de areia média e grau de seleção muito pobremente selecionado, indicando um equilíbrio maior entre as diferentes frações granulométricas. A considerável quantidade de cascalho talvez esteja relacionada com a localização, por se tratar de uma área de cabeceira o material pode ser pouco trabalhado.

TABELA 1
Resultado das análises de sedimento por granulometria e FRX

Análises granulométricas			
Critérios analisados	**P1**	**P2**	**P3**
Classificação	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média
Grau de seleção	Pobremente selecionado	Moderadamente selecionado	Muito pobremente selecionado
% Cascalho	40.77	12.13	32.75
% Areia	53.05	84.72	43.8
% Silte	3.638	1.597	13.93
% Argila	2.539	1.552	9.522
Porcentagem dos elementos químicos (FRX)			
Elementos em óxidos	**P1**	**P2**	**P3**
SiO2	81,4567%	82,2349%	88,0429%
Al2O3	12,7317%	11,3023%	9,7090%
Na2O	1,8222%	2,4132%	0,4407%
Fe2O3	2,0193%	1,3061%	1,2074%
K2O	-	1,2171%	-
BaO	0,6344%	0,6101%	-
TiO2	0,6540%	0,2831%	0,3431%
SrO	0,1351%	0,2010%	-
MgO	0,3302%	0,1997%	0,1323%
CaO	0,1282%	0,1257%	0,0438%
Cr2O3	-	0,0767%	-
Rb2O	0,0388%	0,0301%	0,0281%
ZrO2	0,0493%	-	0,0526%

Fonte: Arquivo dos autores.

Em relação aos solos, os pontos de análise estão situados nas seguintes classes de solo (Figura 2): Planossolo Nátrico (P1), Luvissolo Crômico (P2) e Argissolo Vermelho-Amarelo (P3). No entanto, maior parte da bacia, inclusive maior parte das áreas de cabeceira são áreas com predominância de Neossolo Litólico.

Em relação à Geologia (Figura 2), o P1 está situado na unidade Granitóide de Serra da Barraca, conforme a carta geológica de Sumé, a qual é constituída essencialmente por granitos, além de plagioclásio, microclina, quartzo e biotita, entre outros (CPRM, 2000). O P2 está situado no Complexo Riacho do Tigre, onde apresenta rochas formadas por biotita, quartzo, plagioclásio, gnaisses xistosos, ortognaisses, paragnaisses, rochas metavulcânicas e metamáficas. E o P3 está situado na Suíte Intrusiva Itaporanga, onde há presença de rochas ígneas plutônicas, rochas monzogranítricas, minerais máficos e minerais ferrimagnéticos (CPRM, 2015). Já as áreas fontes de sedimento (Figura 4), geralmente são compostas pelas unidades Vila Moderna, Itaporanga, Cariris Velhos Plúton 5 e Complexo Riacho do Tigre.

Os resultados da análise por FRX revelaram haver no total 13 tipos de óxidos – silício (SiO_2), alumínio (Al_2O_3), sódio (Na_2O), ferro (Fe_2O_3), potássio (K_2O), bário (BaO), titânio (TiO_2), estrôncio (SrO), magnésio (MgO), cálcio (CaO), crômio (Cr_2O_3), rubídio (Rb_2O) e zircônio (ZrO_2) – somando todos os pontos, com maior variedade de elementos e quantidades em determinados pontos do que em outros, no entanto, os óxidos de silício, alumínio, sódio, ferro, cálcio e rubídio têm ocorrência em todos os pontos com variedades em proporção de quantidade (Tabela 1).

No entanto, foi possível perceber que a quantidade de SiO_2 ficou acima de 80% em todos os pontos, assim como a quantidade de Al_2O_3 que ficou igual ou acima de 9% (Tabela 1). Essa predominância dos óxidos de alumínio e silício nas amostras pode estar associada ao intemperismo do granito, o qual é comum na área e possui em média 72% de sílica e 14% de alumínio (BLATT e TRACY, 1996).

O trecho 1 – com exceção do alumínio e da sílica – teve porcentagens de Sódio e Ferro relativamente maiores que os outros elementos identificados na mesma amostra. Na análise por DRX foi identificado picos característicos de óxido de alumínio (Al_2O_3), quartzo (SiO_2) e cianita (Al_2SiO_5), embora a ocorrência da cianita seja mais provável em áreas com as características de outra unidade geológica, Complexo Riacho do Tigre, que também está presente nas áreas fontes.

No trecho 2 houve a maior variedade de óxidos identificados nas análises por FRX, e também é o trecho com maior diversidade de minerais identificados nas análises por DRX. Esse fato pode estar relacionado à sua localização mais próxima da foz, portanto, abrange uma área maior de captação e também por se tratar de uma área de confluência entre os dois maiores riachos da bacia. Os minerais identificados por DRX foram quartzo (SiO_2), cromita ($FeCr_2O_4$), albita ($NaAlSi_3O_8$) e coríndon (Al_2O_3), que é um mineral de alumínio.

A ocorrência da albita pode ter relação com a alta quantidade de sódio encontrada neste trecho em relação aos outros dois trechos analisados, visto que a albita é um mineral de sódio da série do plagioclásio, que também são presentes na unidade Complexo Riacho do Tigre, que é onde se localiza o trecho 3. A ocorrência de coríndon pode ser registrada em unidades com presença de rochas metamórficas, como os gnaisses, que estão presentes também na unidade Complexo Riacho do Tigre. Já a ocorrência de cromita também pode estar associada com a identificação do óxido de crômio neste trecho, além disso, na unidade Complexo Riacho do Tigre há registros de rochas ígneas máficas e metavulcânicas, nas quais podem originar depósitos de cromita.

No trecho 3 houve a maior concentração de óxido de sílica entre todas as amostras. Por estar localizado em uma área de cabeceira de topo plano, neste trecho não há muitos processos atuantes no transporte de água e sedimentos, o que pode ter refletido na menor quantidade de óxidos identificados entre todas as amostras (Tabela 1). Além dos picos de sílica (quartzo) e alumínio identificados por DRX, no trecho 3 também foi identificado a presença de outro mineral, a magnetita, que tem sua formação associada às rochas ígneas plutônicas e rochas com presença de minerais ferrimagnéticos, que são justamente características encontradas na unidade Suíte Intrusiva Itaporanga onde se localiza este trecho.

5. Considerações finais

De forma geral, foi possível identificar diferentes resultados a partir de análises físicas, químicas e mineralógicas das amostras de sedimento dos três trechos aluviais analisados. Foi observado a diversidade de classes de solos e a diversidade de unidades litológicas da bacia Riacho do Tigre, que se apresentam de formas distintas entre os trechos analisados e a localização das áreas fontes de sedimento.

Os três trechos analisados também indicam passar por processos geomorfológicos diferentes, em razão da localização e também da declividade em cada área, que pode influenciar na capacidade de transporte do fluxo de água e sedimentos.

A fração granulométrica em todos os pontos analisados prevaleceu a predominância de sedimentos grosseiros, como areia e cascalho, típico de ambientes semiáridos, embora a proporção de silte e argila tenha sido um pouco maior no trecho 3 devido à sua localização de topo plano, o que propicia alagamentos e deposição de sedimentos finos. Os minerais identificados coincidem com as características geológicas da bacia Riacho do Tigre. Os dados de análises químicas e mineralógicas em depósitos aluviais do semiárido são escassos até o momento. Essas informações são de grande valia para projetos de gestão e planejamento de bacias hidrográficas que visam melhorar a qualidade e manejo dos recursos hídricos e monitorar rotas de transporte de sedimentos em ambientes secos.

Referências

ALBUQUERQUE, C.; MONTENEGRO, S.; MONTENEGRO, A.; JÚNIOR, R. Recarga de aquífero aluvial sob uso agrícola**. Águas Subterrâneas**. V. 29, N.1, p. 60-71, 2015.

BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically-based, variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Science Bulletin**, v. 24, p. 43-69, 1979. DOI: 10.1080/02626667909491834.

CORRÊA, A.; TAVARES, B.; MONTEIRO, K.; CAVALCANTI, L.; LIRA, D. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**. V. 31, n. ½, p. 35-52, 2010.

COSTA, W. D.; COSTA FILHO, W. D. Barragens subterrâneas & barragens de assoreamento: Conceitos e Construção. **Cadernos do Semiárido: riquezas e oportunidades/ Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco**. – Vol. 3, n. 1 – Recife : Editora UFPE, 2015.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Estudos Hidrogeológicos de Pequenas Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro**. 84 p. 2004.

CPRM -Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Pesqueira SC.24-X-B-II. Escala 1:100.000. Estados de Pernambuco e Paraíba**. / Ana Cláudia de Aguiar Accioly [*et al.*]. - Recife, 2015.

CPRM -Serviço Geológico do Brasil. **Programa Levantamentos Geológicos do Brasil. Sumé. Folha SB.24-Z-D-V. Estados da Paraíba e Pernambuco. Escala 1:100.000.** / Organizado por Vladimir Cruz de Medeiros e H. Falcão Torres. – Brasília, 2000.

EMBRAPA, **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 2 Ed. Rio de Janeiro. 212 p. 1997.

GALE, S. J. & HOARE, P. G. **Quaternary sediments: petrographic methods for the study of ulithi fied rocks.** Londres: Bethaven Press, 1991.

GRAF *et al.* Sedimentation and sustainability of western American reservoirs. **Water Resources research**. V. 46. w12345, pag. 1 – 13, 2010.

GUILHERME, P. D. B.; BORZONE, C. A.; BUENO, M. L.; LAMOUR, M. R. Análise granulométrica de sedimentos arenosos de praias através de imagens digitais. Descrição de um protocolo de mensuração de partículas no software ImageJ - Fiji. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol**., 2015, 19(2).

LOPES *et al.* Mapeamento de áreas aluvionares no semiárido brasileiro por meio de dados colaterais e imagens orbitais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambi**ental. V. 17, n. 7, p. 763-769, 2013.

MURKHERJEE, *et al.* Groundwater systems of the Indian Sub. **Journal of Hidrology**, EJRH 58, 14p., 2015.

SÁ, J. U.; DINIZ, J. A. O. Aproveitamento das aluviões do semiárido do nordeste. *In*: **XVII Congresso Brasileiro de águas**

subterrâneas e XVII Encontro Nacional de perfuradores de poços. Bonito: 2012.

SANTOS, M. V. C.; FREIRE, C. C.; SOUZA, V. C. B. Comportamento do fluxo subterrâneo em um aqüífero aluvial no semi-árido alagoano. *In*: **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Campo Grande: 2009.

SILVA, Adonai Felipe Pereira de Lima. **Análise hidrossedimentológicas e geoquímica dos ambientes aluviais da bacia Riacho do Tigre, semiáriudo Paraibano**. 2019, 118p. Dissertação de Mestrado. Programa e Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba.

SILVA, Adonai Felipe Pereira de Lima; SOUZA, Jonas Otaviano Praça de. CARACTERIZAÇÃO HIDROSSEDIMENTOLÓGICA DOS TRECHOS ALUVIAIS DA BACIA RIACHO DO TIGRE – PB. **Caminhos de Geografia**, [S.l.], v. 18, n. 63, p. 57-89, set. 2017. ISSN 1678-6343. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/36159>. Acesso em: 05 mar. 2021. doi :http://dx.doi.org/10.14393/RCG186303.

SILVEIRA, R. N. C. M.; COSTA, R. N. T.; PEIXOTO, F. S.; SOUSA, H. G.; CAVALCANTE, I. N.; OLIVEIRA, R. M. Reservas hídricas subterrâneas e contribuição à gestão dos recursos hídricos em aluviões no semiárido. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 35, n. 4, p. 642-651, 2016.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E PALEOSUPERFÍCIE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BOQUEIRÃO, ESTADO DE ALAGOAS

Mayara Marinho Santana
Universidade Federal de Alagoas
Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro dos Martins, Maceió, Alagoas – 57072-970
E-mail: mayara.santana@igdema.ufal.br
Alan Victor dos Santos Silva
Universidade Federal de Alagoas
Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro dos Martins, Maceió, Alagoas – 57072-970
E-mail:alan.silva@igdema.ufal.br
Kallyne Teixeira Santos
Universidade Federal de Alagoas
Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro dos Martins, Maceió, Alagoas – 57072-970
E-mail: kallyne.santos@igdema.ufal.br
Kleython de Araújo Monteiro
Universidade Federal de Alagoas
Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro dos Martins, Maceió, Alagoas – 57072-970
E-mail: kleython.monteiro@igdema.ufal.br

Resumo

O presente artigo visa fazer a caracterização física e a análise da paleosuperfície da Bacia Hidrográfica do Rio Boqueirão, estado de Alagoas. Dessa forma, utilizou-se de parâmetros morfométricos já tradicionalmente estabelecidos, como índices areais, de hierarquização de bacia e de dissecação hidrográfica, para destrinchar os aspectos físicos da bacia. No intuito de complementação foi realizada a reconstruções da área de estudo, com a utilização da técnica de seppômen – nivelamento de topo – está prevê a divisão do recorte da bacia em quadrículas diversas, afim de obter diferentes estados de evolução do relevo. Para estruturação da análise foi usado o Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 30x30m, cartas topográficas e os softwares: Qgis 3.10, Excel e o Surfer 18. Através dos métodos morfométricos, constatou-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Boqueirão tem área de 250,11km², perímetro de 92,14km e canal principal com cerca de 42,89km, sendo classificada hierarquicamente como bacia de 6ª ordem. O Coeficiente de Compacidade (Kc) e Fator de Forma (Kf) mostram que a bacia é alongada, sendo composta por um relevo classificado, em sua maior parte, como suave e suave ondulado.

Palavras-chave: Morfometria. Técnica de Seppômen. Análise Numérica do Relevo.

1. Introdução

Conforme, Chritofoletti (1980) a rede fluvial é composta por um conjunto de canais que se interligam formando a bacia de drenagem, definida como a área drenada por um determinado rio ou sistema fluvial. E, para gerenciamento dos recursos hídricos se faz necessário entender e compreender os aspectos físicos e naturais da rede hidrográfica.

Salienta-se então que, a análise quantitativa da rede hidrográfica resulta na compreensão e esclarecimento da evolução da paisagem em aspectos geomorfológicos, pedológicos e geológicos. Além disso, as bacias hidrográficas são consideradas, pela Lei nº 9.433 de 1997, como unidades territoriais de planejamento e gerenciamento de água. Dessa forma, a caracterização morfométrica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais (TEODORO et.al, 2007). Com isso, a área de estudo escolhida - a Bacia Hidrográfica do Rio Boqueirão (BHRB) - foi analisada através das características geométricas, de relevo e de rede de drenagem.

Buscando aperfeiçoar os resultados, utilizamos a metodologia de paleosuperfície com base na proposta do Motoki (2008, 2012), que propõe como ferramenta de análise a técnica de seppômen, a qual implica na reconstrução do (paleo)relevo em ambiente virtual.

No Brasil à técnica foi divulgada e aplicada, primeiramente, por Akihisa Motoki em 2008. A técnica de seppômen tem mostrado resultados satisfatórios na reconstrução das formas de relevo, como mostram diversos trabalhos (FERNANDES et.al 2012; AIRES et.al 2012; FORTES & SORDI 2014; VARGAS et.al 2015; PELECH 2016; NETO et.al 2019).

Nessa perspectiva, buscou-se com o presente trabalho caracterizar e analisar a BHRB de forma abrangente, destrinchando quantitativamente os elementos físicos e a evolução morfológica da área de estudo, com objetivo de contribuição para as pesquisas futuras.

2. Matérias e Métodos

2.1 Área de Estudo

A BHRB (Figura 1) está localizada na mesorregião do Sertão do estado de Alagoas, sendo uma das bacias que compõe a região Hidrográfica de Riacho Grande, abrangendo os municípios de Pão de Açúcar, São José da Tapera, Carneiros e Olho d'Água das flores.

Com cerca de 250,11km^2 de área, possuindo vegetação predominantemente do tipo caatinga hiperxerófila com trechos de floresta caducifólica e subcaducifólica, relevo suave-ondulado com vertentes dissecadas e elevações residuais (CPRM, 2005), recoberta por solos do tipo formada por Planossolos, Cambissolos, Neossolos e Luvissolos (EMBRAPA, 2016) predominantemente.

Além disso, o clima predominante na região da bacia é classificado como tropical semiárido, com precipitação anual de 431,8mm, conforme relatórios dos municípios que abrangem da bacia (CPRM, 2005).

2.2 Índices Morfométricos

Para análise das características físicas da BHRB optou-se por utiliza os parâmetros morfométricos descritos a partir de Christofoletti (1980), Cardoso et al. (2006) e o Santos et al. (2019). Além disso, se recorreu aos softwares: Qgis 3.10, Excel e Surfer 18. Segue os índices utilizados para análise da BHRB.

Coeficiente Compacidade (Kc): está relacionado com a forma da bacia, constituindo a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual da Bacia. Ressalta se que quanto mais irregular for a bacia, maior será o Kc. Além disso, quando mais próximo o valor do Kc for de 1 mais circular é a bacia. Sendo calculado pela expressão:

$$Kc = 0{,}28\ P/\sqrt{A}$$

Sendo: P = Perímetro da Bacia; A = Área da Bacia

Índice de Circularidade (IC*):* tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que forma se torna alongada, e é calculado através da equação:

$$IC = 12{,}57 * A / P^2$$

Fator de Forma (Kf): extraído através da largura média (Lm) e o comprimento axial da bacia (L). Onde Lm é obtido na divisão da: área da bacia (A) pelo comprimento axial da bacia. Nesse caso, duas expressões são foram utilizadas:

$$Lm = A / L \quad Kf = Lm / L^2$$

Declividade e Hipsometria*:* O Modelo Digital de Elevação (MDE) extraídos da base de dados do Projeto Topodata disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa Espaciais (INPE) com resolução espacial de 30x30, usado para confecção dos mapas de declividade e hipsometria da bacia.

Altitude média (Hm): obtida na subtração entre os valores de maior e menor altitude em metros, utilizando a formulação da média aritmética da seguinte forma:

$$Hm = Hmax - Hmin / 2$$

Sendo: Hmax = maior altitude e Hmin = menor altitude.

Ordem da Bacia*:* Para identificar a ordem da bacia foi utilizado a classificação por Strahler (1952), extraída através do MDE em ambiente GIS. Funcionando da seguinte maneira: os canais sem tributários são classificados como de primeira ordem; da confluência de canais de primeira ordem formam canais de segunda ordem; da confluência de canais de segunda ordem formam canais de terceira ordem, e assim sucessivamente.

Densidade de Drenagem (Dd): correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. Ressaltando que o sistema de drenagem é formado pelo rio principal e seus tributários. O referido índice foi extraído usando a equação:

$$Dd = Ltc / A$$

Onde: Ltc se refere ao total do comprimento de canais e A = área da bacia.

Densidade de Rios: relação entre os cursos de água e a área da bacia, sendo calculado pela expressão:

$$Dr = N / A$$

Onde: N refere-se ao número de canais e A = área da bacia.

Padrão de Drenagens*:* referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, influenciados pelos processos morfogenéticos, devido à disposição das camadas rochosas, a resistência litológica variável, as diferenças de declividade e a evolução geomorfológica da região. Os principais padrões de drenagens são: dendrítica, treliça, retangular, paralelo, radial e anelar, conforme Christofoletti (1980).

2.3 Paleosuperfície - Técnica de Seppömen

Para a modelagem das paleosuperfícies se adaptou a metodologia da técnica de Seppômen, conforme Motoki et al. (2012), em que o procedimento implica no preenchimento dos vales, reproduzindo a paisagem antes dos corpos hídricos cortarem e escavarem suas estruturas. Para a confecção do mapa de seppômen deve-se dividir o recorte mapa original da área de estudo em grades com dimensão quilométrica, selecionar os pontos de maior cota altimétrica em cada quadrícula e através dos pontos selecionados elaborar outro mapa topográfico.

Em grades com intervalo menor, denominadas grades finas, as drenagens estreitas são seletivamente preenchidas e as drenagens mais largas são preservadas, detalhando o passado relativamente recente, enquanto nas grades com intervalo maior, chamada de grade grossa, reproduz o passado mais remoto.

Para o presente artigo, foram confeccionadas as grades de 2km e 5km. Os pontos cotados utilizados foram extraídos das cartas topográficas vetoriais do Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx) na escala de 1:100.000, forma usado devido aos possíveis erros que poderiam ocorrem na extração dos pontos do MDE.

Em ambiente GIS foi posto o vetor de pontos cotados sob as grades quadriculadas, em dimensões quilométricas, para selecionar as cotas mais altas em cada quadrícula, em seguida foram salvas em um arquivo vetorial e transformados em planilha eletrônica, posteriormente à tabela, contendo as cotas mais altas selecionadas, foram processadas no software Surfer 18 para a confecção das modelagens das paleosuperfícies da BHRB.

Primeiramente, usa-se o método de interpolação de Kriging para geração das isolinhas. Com as curvas nível traçadas, geram-se os perfis transversais e as modelagens do paleorelevo da área de estudo. Para complementação da análise foram confeccionados perfis topográficos para cada grade. Permitindo identificar as modificações ocorridas ao longo da BHRB.

Resultados e Discussões

Conforme a análise, o Coeficiente de Compacidade (Kc) de 1,63 e Fator de Forma (Kf) de 0,0082, indicam que a bacia é alongada com valores se distanciando da unidade. Esta forma de bacia em geral está associada à não susceptibilidade a grandes enchentes. Seguindo a lógica descrita por Cardoso (2006 p. 243).

Entretanto, podemos aventar também a possibilidade de não circularidade estar associada a possíveis controles estruturais ou a baixa capacidade efetiva da rede de drenagem ampliar circularmente sua área de captação hídrica, se a evolução de suas cabeceiras ocorresse de forma uniforme.

Hierarquicamente foi classificada como bacia de 6ª ordem, além disso, através da extração das drenagens constatou-se que a bacia tem padrão de drenagem dendrítico e paralelo, O primeiro se apresenta no alto e médio curso da bacia e o segundo na transição do médio para o baixo curso da bacia (Figura 1).

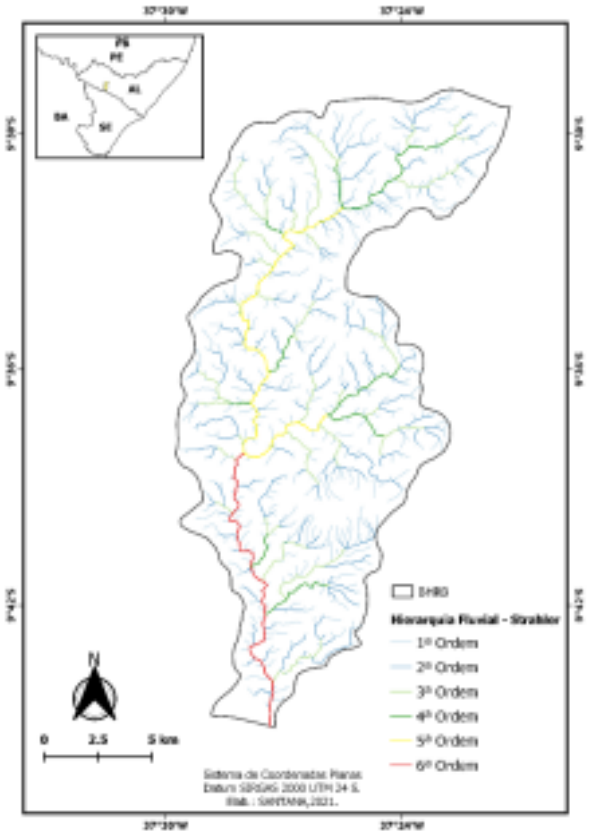


Figura 1: Bacia Hidrográfica do Rio Boqueirão: mapa de localização e de rede hidrográfica com a Hierarquia Fluvial, conforme Strahler (1952).
Fonte: Os autores.

Conforme a análise morfométrica a Bacia Hidrográfica do Boqueirão tem área de 250,11km², com perímetro de 92,140km e canal principal com cerca de 42,898km (Tabela 1).

Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Boqueirão	
Parâmetro morfométrico	**Resultado**
Área da Bacia	250,11 km²
Perímetro da Bacia	92,14 km
Comprimento da Bacia	31,07 km
Comprimentos os Rios	495,87 km
Número total de Canais	1987
Altitude Média	271,5 m
Amplitude Altimétrica	543 m
Hierarquia Fluvial (Ordem)	6ª Ordem
Coeficiente de Compacidade	1,63
Índice de Circularidade	0,37
Forma de Forma	0,0083
Densidade de Rios (canais/km²)	7,96
Densidade de Drenagem km/km²	1,98
Padrão de Drenagem	Dendrítico/Paralelo

Fonte: Os autores.

De acordo com Christofoletti (1980) as drenagens com padrão dendrítico, analogicamente, se assemelha à configuração de uma árvore, ressaltando ser tipicamente desenvolvimento sobre rochas de resistência uniforme ou em estruturas sedimentares horizontais.

Enquanto, o padrão paralelo ocorre quando dos cursos de águas escoam quase paralelamente uns aos outros, em geral, associados a controles estruturais. Esse padrão se apresenta na área mais alta com declividade classificada como montanhoso (Figura 2) da BHRB, ou seja, o arranjo da paisagem está influenciando diretamente na dinâmica fluvial da bacia.

Ressalta-se que a bacia apresenta altitudes que variam entre 1m – 544m (Figura 2), além disso, é composta por 9,41% de relevo plano, 40,29% de relevo suave ondulado, 37,38% de relevo ondulado, 10,32% de relevo forte ondulado, 2,04% de relevo montanhoso e 0,56% de relevo escarpado.

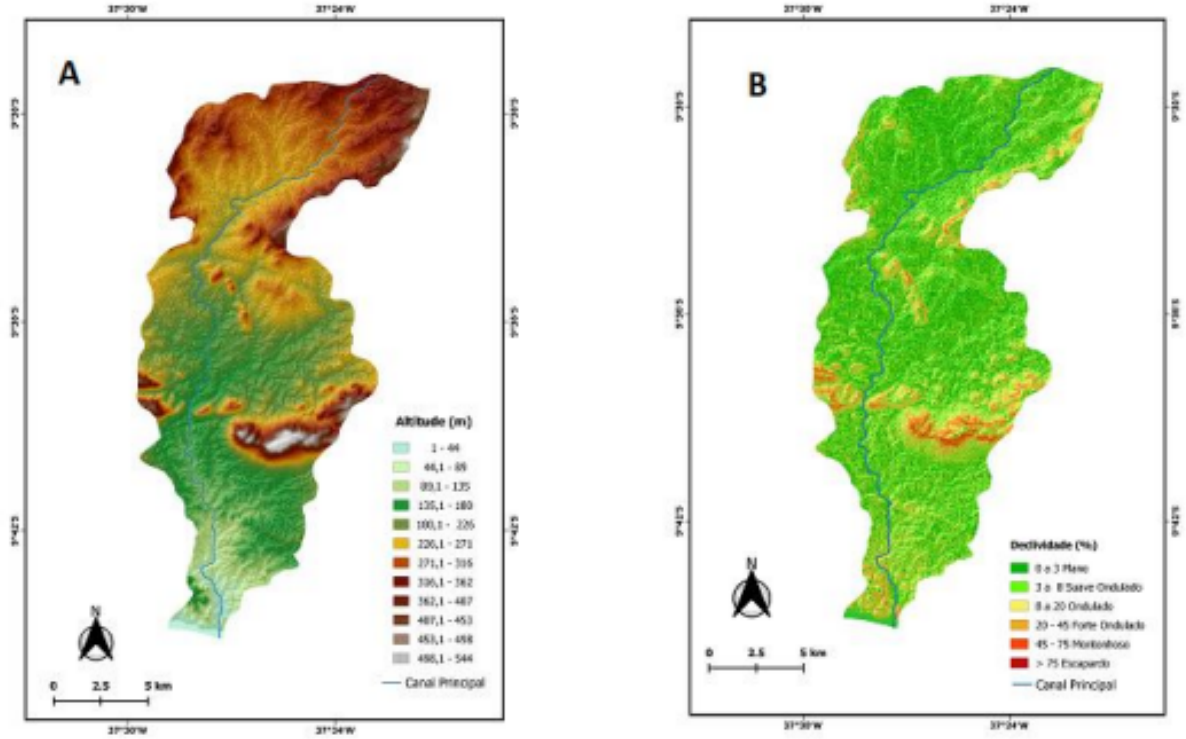


Figura 2: Mapa A = Hipsometria; Mapa B = Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Boqueirão.
Fonte: Os autores.

No que refere à modelagem da paleosuperfície a técnica Seppômen embora tenha a desvantagem de não apresentar parâmetros cronológicos exatos, se mostrou muito eficiente para observações na análise da evolução das formas de relevo na região da bacia. O único aspecto que diferencia as modelagens de Seppômen é o tamanho quilométrico das quadrículas utilizadas para análise dos modelos.

Seguindo a regra de Motoki et al. (2012): para o intervalo pequeno foi usado a grande de 2km que revelam o passado, relativamente, recente e para o intervalo maior foi utilizado a grande de 5km relevando o passado mais remoto da bacia (Figura 3).

As mudanças observadas nos modelados são produtos de diversos processos: erosão diferencial (resistência dos materiais), movimentos tectônicos,

mudanças climáticas (conforme a escala temporal) que provocam instabilidades nos sistemas superficiais. Considerando que o estado de estabilidade e organização das formas é independente da variável temporal, deve-se fazer correlações entre estes elementos, pois toda forma é o produto do ajustamento entre materiais e processos de acordo com Christofoletti (1980).

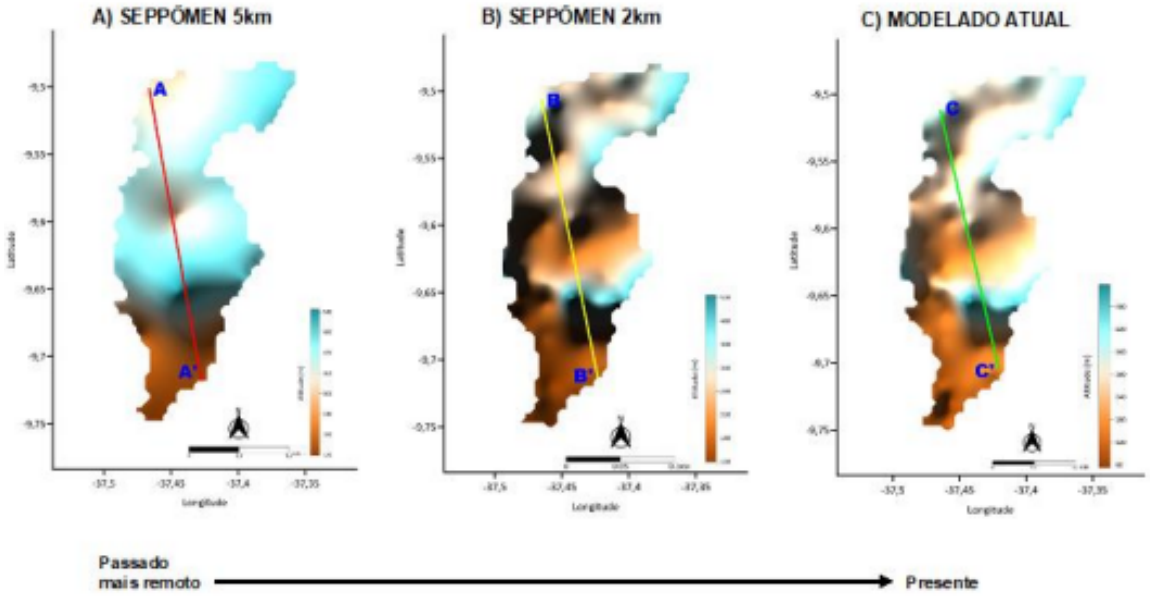


Figura 3: Mapa de Seppômen, demostrando a evolução do relevo da Bacia Hidrográfica do Boqueirão.
Fonte: Os autores.

Conforme as observações analisadas nas modelagens da bacia, possivelmente, o processo de erosão diferencial foi um dos principais processos de mudança na paisagem da bacia ao longo dos tempos. Para constata as modificações faram elaborados os três perfis topográficos, referente as modelagens, e plotados em um gráfico (Figura 4).

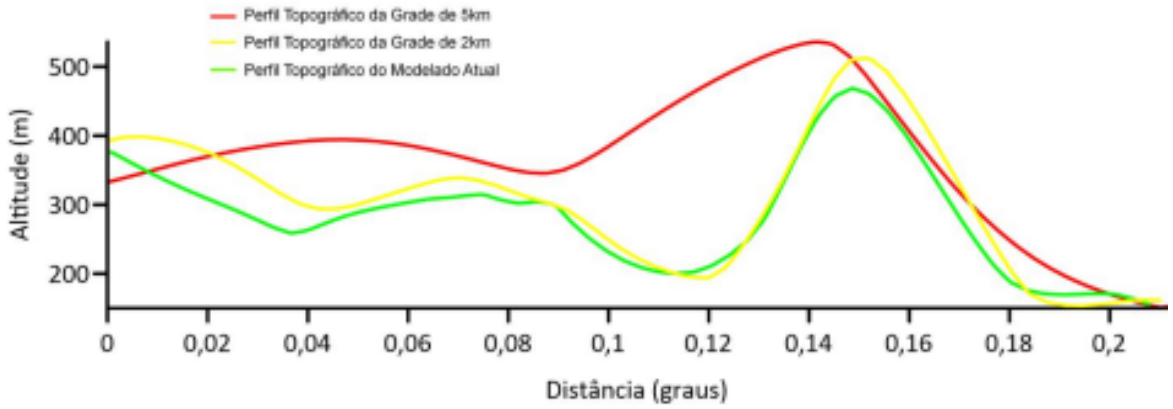


Figura 4: Perfil Topográfico com os segmentos A -A', B - B' e C - C', respectivamente representando a grade 5km, 2km e o Modelado Atual da Bacia Hidrográfica do Rio Boqueirão.
Fonte: Autores.

Nota-se que no terço superior (alto curso) há uma diferença ente o modelo obtido a partir da quadrícula de 5km e os demais, sendo esta diferença ampliada no terço intermediário (médio-curso) da bacia. Este fato se deve à manutenção de um pequeno maciço na porção central da bacia cercado por uma depressão expressiva, tanto a montante quanto à jusante, o que indica a possibilidade da existência de um controle estrutural com a ocorrência de erosão diferencial expressiva na região.

Conclusão

Nesse contexto, os aspectos morfométricos demostram que a Bacia Hidrográfica possuir padrão de drenagens dendrítico e paralelo, classificada hierarquicamente como bacia de 6ª ordem. Indicando um desenvolvimento da rede de drenagem, mas adaptado em algumas áreas aos controles estruturais (drenagem paralela).

Os fatores de forma indicam formato alongado, distante da forma circular. O que também corrobora com a presença de uma drenagem sem grande capacidade areal de se desenvolver e romper com os controles estruturais da área da BHRB.

Composta por mais de 70% de relevo classificado como suave ondulado e ondulado com baixas declividades, exceto na transição do médio para o baixo curso do canal principal Constata se, portanto, que o arranjo da paisagem está influenciando diretamente na dinâmica fluvial da bacia.

No que refere à modelagem da paleosuperfície a técnica Seppômen se mostrou muito eficiente para observações da evolução das formas de relevo na região BHRB. Através da análise dos perfis topográficos pode se aventar que no passado mais remoto a bacia apresentava maiores altitudes, passando até dos 500m, em grande parte da área. Diferente do atualmente se observa, um relevo desgastado e com baixas declividades.

Referências

AIRES, J. R., MOTOKI, A., MOTOKI, K. F., MOTOKI, D. F. Análises Geomorfológicas do Platô de Teresópolis e da Serra do Mar, RJ, com o Auxílio de Seppômen e ASTER GDEM e sua Relação aos Tectonismos Cenozoicos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 35, n. 2, p. 105-123, 2012

CARDOSO, C. A. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista Árvore, Viçosa, v. 30, n. 2. P. 241-248. 2006.

CHRISTOFOLETTI, A**. Geomorfologia**. São Paulo: Editora Edgar Blücher. 2° edição. 1980.188p.

FERNANDES, L. A.; COUTO, E. V.; SANTOS, L. J. C. Três Morrinhos, Terra Rica, PR: arenitos silicificados de Dunas do Deserto Caiuá testemunham nível de superfície de aplainamento KT. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C.R.G; (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Fernandes, A.C.S, p. 69-87, 2012.

FORTES, E.; DE SORDI, M. V. Mapa de Nivelamento de Topos na Análise da Evolução Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Inácio, estado do Paraná. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 31, p. 184-207, 2014.

MOTOKI, A.G.; PETRAKIS, H.; SICHEL, S.E.; CARDOSO, C.E.; MELO, R.C.; SOARES, R.; MOTOKI, K. Origem dos relevos do maciço sienítico do Mendanha, RJ, com base nas análises geomorfológicas e sua relação com a hipótese do vulcão de nova Iguaçu. **Geociências, UNESP**, v.27 n.1, p.97-113, 2008.

NETO, R. M.; MOREIRA, J. A.; DA SILVA, F. P.. Evolução de escarpamentos em margens rifte: uma discussão sobre soerguimento e desnudação na Mantiqueira meridional a partir de mapas paleotopográficos e parâmetros geomorfométricos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 4, 2019.

PELECH, A. S.. Paleorrelevo pleistocênico e estimativas de dissecação vertical e volumétrica para o Holoceno em uma pequena bacia hidrográfica-Médio Vale do rio Paraíba do Sul (RJ). **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 7, n. 1-2, 2016.

SANTOS, J.E.B, MONTEIRO, K.A.. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe, Alagoas. **XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada:** geografia física e as mudanças globais. 11p. 2019.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological society of America bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952.

VARGAS, K..B; SORDI, M.V.; FORTES, E. Reconstituição de paleosuperficies de Mauá da Serra – PR através da Técnica de Seppômen. XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 7p. 2015.

COMPARTIMENTAÇÃO DINÂMICO-FUNCIONAL DA PAISAGEM DA BACIA DO CÓRREGO IGREJINHA (JUIZ DE FORA, MG): UMA INTERPRETAÇÃO PRELIMINAR DAS CONECTIVIDADES ENTRE AS UNIDADES DE PAISAGEM

Paula Graciele Silvestre Lucas
Universidade Federal de Juiz de Fora
Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro,
Juiz de Fora - MG, 36036-900
E-mail: paula.geoufjf@gmail.com
Roberto Marques Neto
Universidade Federal de Juiz de Fora
Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro,
Juiz de Fora - MG, 36036-900
E-mail: roberto.marques@ufjf.edu.br

Resumo

O presente artigo tem como objetivo fazer a interpretação inicial dos diferentes ambientes geoquímicos na Bacia do C**órrego Igrejinha (Juiz de Fora, MG) a partir dos seus compartimentos dinâmico-funcionais e suas relações** com os ambientes geomorfológicos. O mapa de compartimentação dinâmico--funcional foi gerado a partir da imagem de radar ALOS *PALSAR (AP_26956_ FBS_F6740_RT1)* tratados pelo *software Arcgis 10.3*, em associação à compartimentação geomorfológica e interpretação das coberturas superficiais em campo. Os resultados diferenciaram, a priori, as paisagens autônomas (eluviais), as paisagens subordinadas (transeluviais, transacumulativas e acumulativas). Subsequentemente foram dissociados os diferentes compartimentos funcionais da paisagem, que definem os fluxos superficiais e a migração subsuperficial de substâncias organo-minerais.

Palavras-chave: Compartimentação dinâmico – funcional, ambientes geoquímicos, paisagem elementar.

1. Introdução

O estudo integrado da paisagem por meio da compartimentação de diferentes ambientes dinâmico-funcionais figura como passo inicial para a interpretação do comportamento e mobilidade dos elementos químicos na estrutura superficial da paisagem, tanto em regolitos autóctones como em tratos deposicionais alóctones. Esta ação possibilita entender como as formas e compartimentos de relevo contribuem para a migração dos elementos químicos e como estes podem alterar as coberturas superficiais. Dessa forma, é de interesse especializar as funções emissoras, transmissoras e receptoras de fluxos de matéria e energia na paisagem, a fim de apreender elementos de sua dinâmica e função geoecológica.

Polynov desenvolveu a classificação das paisagens elementares geoquímicas através dos tipos de migração de substâncias químicas disponíveis, onde o circuito biológico tem um grande papel nessa migração, tendo a água um papel igualmente importante (PERELMAN, 2016). Por sua posição no relevo e por sua função específica na redistribuição de matéria, as paisagens elementares dividem-se em dois grupos principais: autônomas e subordinadas.

As paisagens autônomas podem também ser chamadas de eluviais, ocupam os setores mais altos (autônomo). Recebem e armazenam matéria e energia provenientes das precipitações atmosféricas. As paisagens subordinadas, por sua vez, são divididas em transeluvial, transeluvial-acumulativa e acumulativa. As paisagens subordinadas avultam em áreas onde a superfície do terreno sofre influências do lençol freático e está estritamente ligada ao fluxo lateral de matéria. Essa categoria funcional da paisagem acumula uma variedade de elementos provenientes dos terrenos eluviais (OSTASZEWSKA, 2010).

A partir dessas bases, o objetivo do presente trabalho é propor uma compartimentação dinâmico-funcional da paisagem na Bacia do Córrego Igrejinha (Juiz de Fora, MG) e discutir suas relações com a organização geomorfológica local. Essas ações se inscrevem como etapa preliminar para o estudo da geoquímica da paisagem na referida bacia, já visando a interpretação dos padrões de migração das substâncias organo-minerais.

2. Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Córrego está localizada no município de Juiz de Fora (MG) (Figura 1), sendo afluente direto da margem direita do rio Paraibuna. Está localizada entre as coordenadas UTM 650997 e 660997 / 7592909 e7601909, zona 23 Sul, no sudeste do estado de Minas Gerais. As principais vias de acessos se dão a partir das rodovias BR-267 e BR-040.

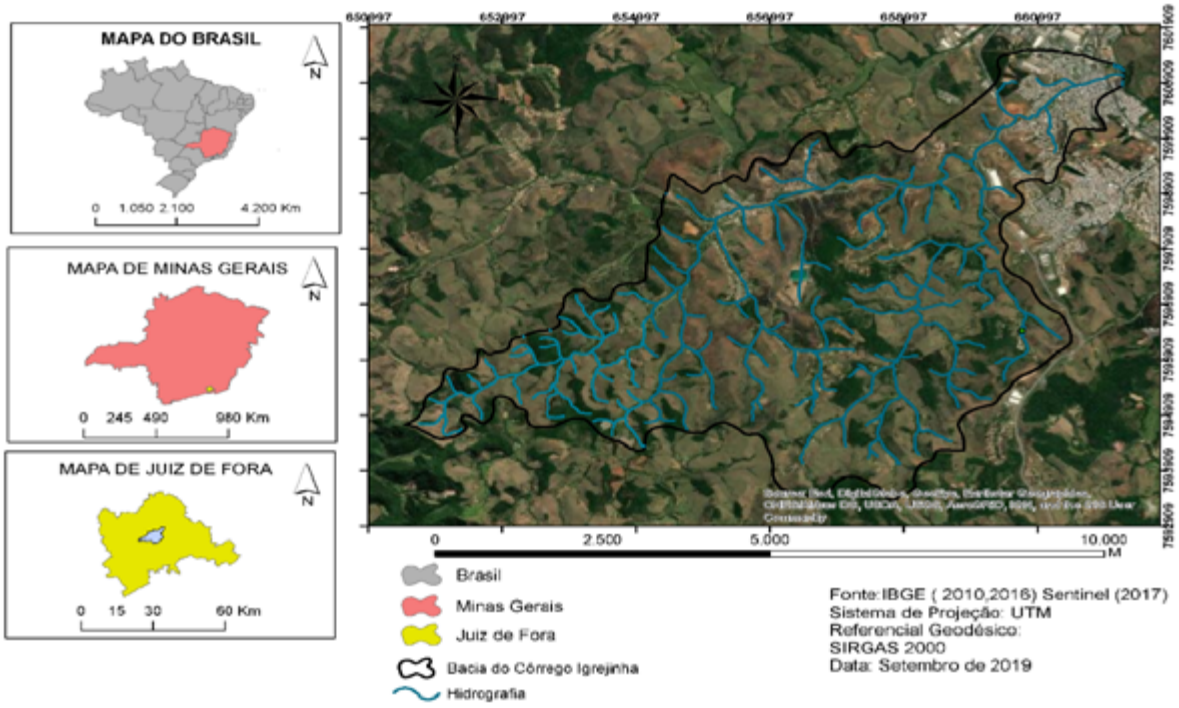


Figura 1: Mapa de Localização da Bacia do Córrego Igrejinha (Juiz de Fora, MG).

A bacia apresenta predominância de Latossolos Vermelho-Amarelos, apresentando Cambissolos Háplicos no setor sul. Nos fundos de vale ocorrem solos hidromórficos (Gleissolos indiferenciados) e Neossolo-Flúvico. Os litotipos que embasam as aludidas coberturas são dados por anfibolito, hornoblenda-biotita gnaisse e enderbitos de idade paleoproterozoica pertencentes ao Complexo Juiz de Fora, além de xistos aluminosos neoproterozoicos pertencentes ao Grupo Andrelândia (SOARES et al. 2003).

O clima do município de Juiz de Fora, no qual a bacia está localizada é do tipo tropical sazonal, que de acordo com a classificação climática de W. Köeppen é o tipo Cwa, que se caracteriza por uma concentração das chuvas no verão e invernos assinaladamente mais secos (PAULA e FERREIRA, 2017).

A cobertura vegetal original, em aderência ao clima vigente na área, é de floresta estacional semidecidual, que atualmente subsiste de forma esparsa e fragmentária em detrimento de usos voltados para a ocupação urbano-industrial, pastagem e silvicultura de *Eucalýptus*. A propósito do uso e ocupação da terra, cumpre ainda sublinhar que a bacia agrega área urbana predominantemente de uso residencial, mas também apresenta alguns condomínios rurais, áreas com atividades agrícolas e setores com atividades industriais, como a unidade industrial da *Nexa Resources*, antiga Paraibuna de Metais, instalada na década de 1980. A bacia é cortada por duas rodovias federais (BR 040 e a BR 267), ambas com muita movimentação de caminhões, ônibus e carros. De acordo com o Plano Diretor de Juiz de Fora (2015), essa região encontra-se dentro de uma zona de urbanização específica, ou seja, encontra-se afastada do centro urbano e tem mobilidade reduzida devido à pouca disponibilidade de transporte público.

3. Metodologia

De acordo com Cavalcanti et al. (2010), a estrutura da paisagem caracteriza a forma de sua organização interior, as relações entre os componentes que a formam e das subunidades de paisagens de categoria inferior. O enfoque

funcional na análise da paisagem esclarece como ela está estruturada, ou seja, quais são as relações funcionais de seus elementos, por que está estruturada de determinada maneira (relações genéticas ou casuais) e para que está estruturada de certa forma (quais são suas funções naturais e sociais).

O estudo da paisagem pelo enfoque dinâmico-funcional fornece uma base para o entendimento da gênese que ocorre dentro dos limites da atmosfera até a zona de alteração da rocha dada pelo regolito. Os processos formadores da paisagem engendram sua estrutura vertical e horizontal, que em conjunto deflagram a migração de elementos químicos e a forma de como estes atuam em sua dinâmica e funcionalidade.

A geoquímica da paisagem é uma das abordagens metodológicas utilizadas em estudos pautados no enfoque funcional. Segundo Polynov (1956, apud MIRLEAN et al., 2006), a paisagem geoquímica é uma associação paragênica de paisagens elementares em interação que se apresentam ligadas entre si por migração dos elementos químicos. Por meio desses estudos é possível relacionar como os elementos químicos atuam na organização espacial da paisagem.

Como forma de entender como operam os fluxos de matéria e energia vigentes na bacia foi realizada a compartimentação dinâmico-funcional da paisagem. Primeiramente, foi criado um banco de dados a partir da compilação de arquivos em formato *shapefile*, cartas, arquivos vetoriais e imagens de radar que abrangessem a área de estudo para gerar os mapas base para a compartimentação. Os mapas foram elaborados na escala de 1:50.000, com o referencial geodésico SIRGAS 2000.

Na segunda etapa foram gerados mapas preliminares para a compartimentação dinâmico-funcional. O primeiro mapa gerado foi o de declividade, executado pelo software *GIS*, através da ferramenta do *Spatial Analyst,* a partir do comando *Slope do Spatial Analysis Tools*, tendo como fonte a imagem de radar *ALOS PALSAR (AP_26956_FBS_F6740_RT1) da Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA*, com resolução 12,5 m, disponibilizada pelo *site https://search.asf.alaska.edu*. . A declividade foi definida em 5 classes (< 6%, 6% a 12%, 12% a 30%, 30% a 47% e > 47%), procurando adequar o fatiamento das classes a aspectos inerentes à legislação brasileira que concernem ao uso da terra.

A compartimentação geomorfológica foi realizada através da interpretação conjunta dos dados de radar ALOS e das folhas topográficas correspondentes na escala de 1/50.000. Sobre as imagens radar foram delimitados diferentes sistemas de relevo e as bases planialtimétricas serviram para análise da amplitude altimétrica (em metros) para identificação dos topos e o fundo de vale. Subsequentemente foi realizada a inserção dos símbolos pontuais mapeados, correspondentes a padrões de formas identificadas através do reconhecimento destes sistemas de relevo transformados mediante ao uso dos dispositivos *Bing Maps* e *Google Earth*.

A compartimentação dinâmico-funcional foi elaborada na escala de 1:50.000 com o referencial geodésico SIRGAS 2000, através do software ArcGIS 10.3 (ERSI/2010). A base cartográfica utilizada foi o mosaico das cartas topográficas e os modelos digitais de terrenos. Para identificar as zonas eluviais, foram delimitados os topos de morros a partir das cartas topográficas de escala 1:50.000 dos municípios de Juiz de Fora (SF-23-X-D-IV-1), Ewbanck da Câmara (SF-23-X-C-VI-2) e Matias Barbosa (SF-23-X-D-IV-3), produzidos pela Diretoria de Serviços Geográficos (DSG/IBGE, 1977). As zonas subordinadas foram criadas a partir das integrações das informações na carta ALOS PALSAR (AP_26956_FBS_F6740_RT1) e da compartimentação geomorfológica. A partir da interpretação integrada desses mapas, foram identificadas as zonas transeluvial, transacumulativa e acumulativa.

4. Resultados e Discussões

A declividade da Bacia do Córrego Igrejinha (Figura 2) apresentou uma variação de classes 0% a 47% em todo seu território. As áreas de nascente do córrego e seus afluentes estão localizadas em áreas com declividade acima de 30%, as formações de morros e morrotes intermontanos compreendem a faixa entre 12% e 30%, e os fundos de vale estão abaixo de 6%.

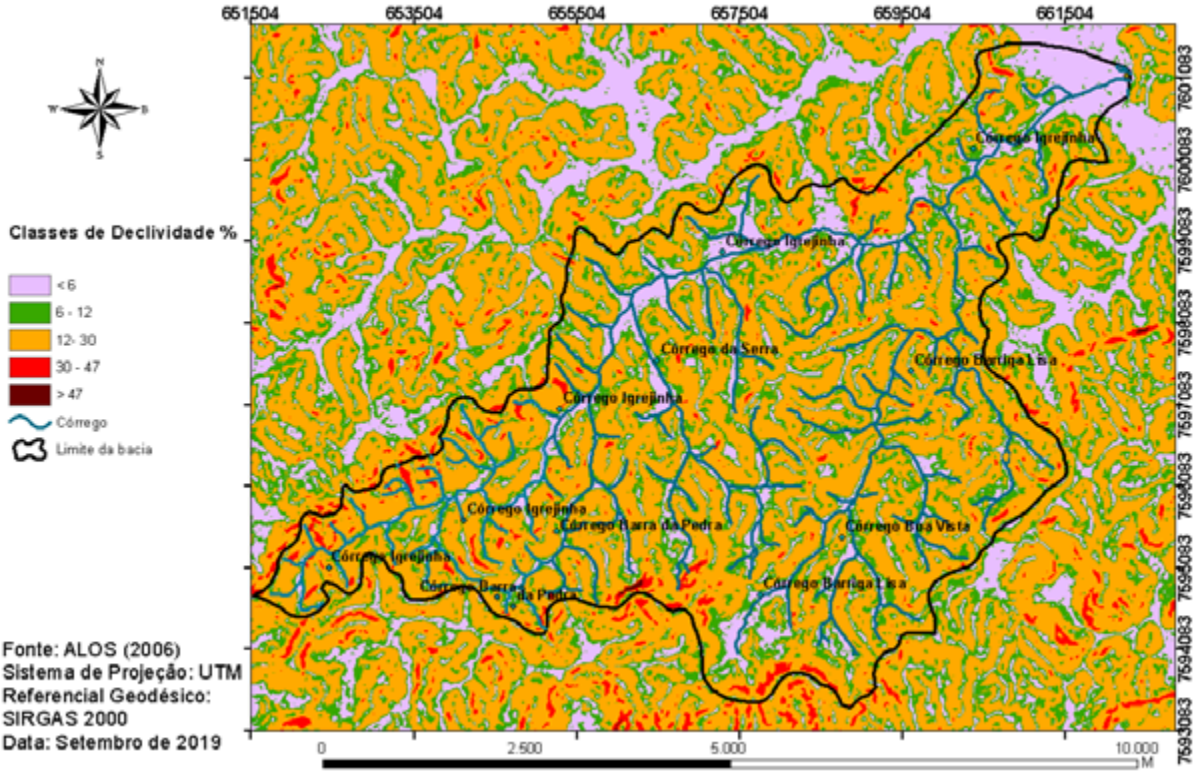


Figura 2: Mapa de Declividade da Bacia do Córrego Igrejinha (Juiz de Fora, MG).

O quadro geomorfológico (Figura 3) na Bacia do Córrego Igrejinha apresenta planícies fluviais bem desenvolvidas e morros associados a morrotes representando morfologias mamelonares de dissecação quaternária, apresentando topos convexos e vertentes convexo-retilíneas com coberturas superficiais argilosas. A área de estudo possui também modelados de aplanação, em que morfologias foram redefinidas por terraplanagens e aberturas de cavas de mineração para extração de caulim.

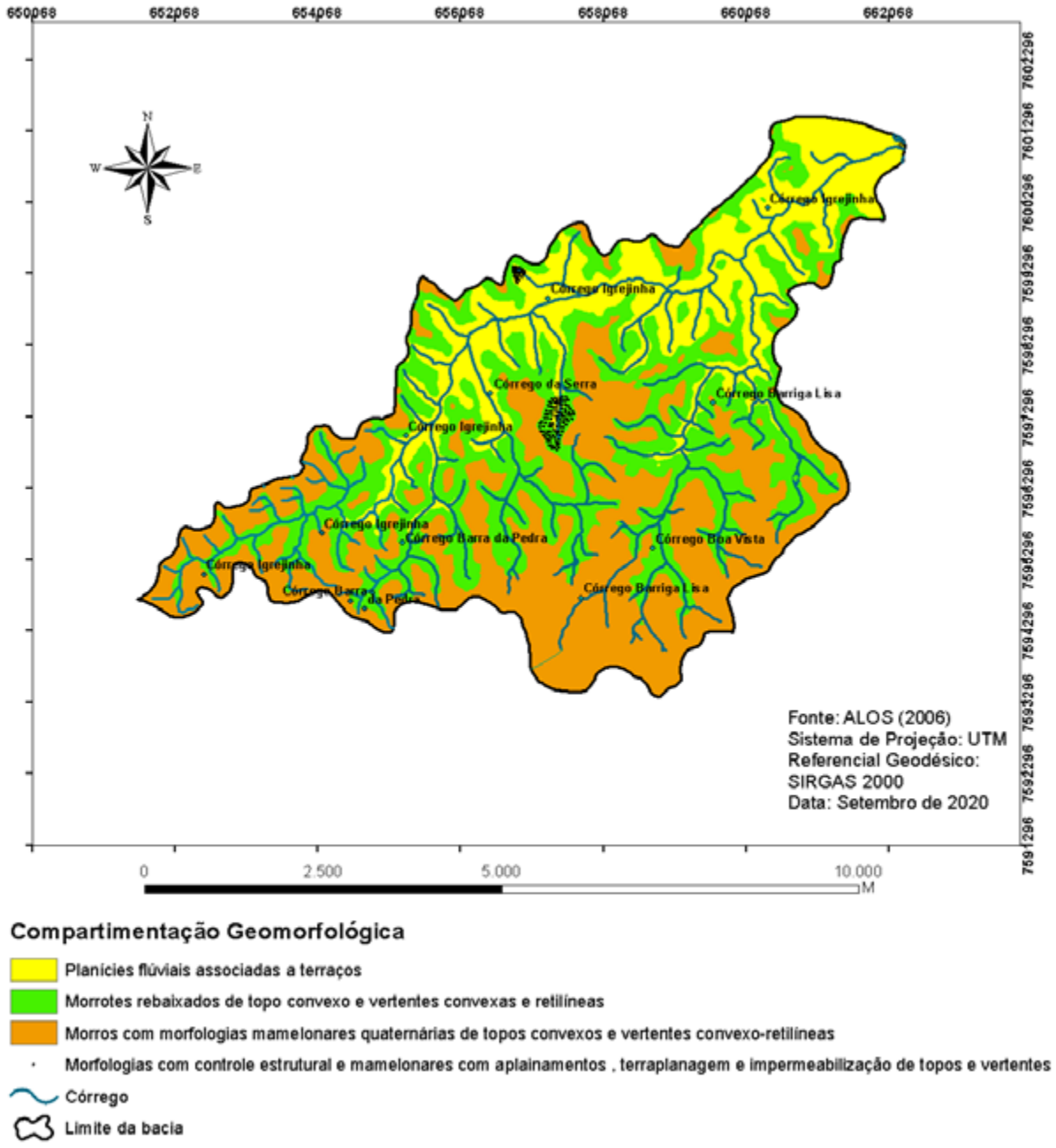


Figura 3: Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Córrego Igrejinha (Juiz de Fora, MG)

A integração das informações estimadas dos mapas gerados juntamente com o controle de campo subsidiou a compartimentação dinâmico-funcional (Figura 4). O enfoque funcional na análise da paisagem visa interpretar como ela está estruturada e as relações funcionais de seus elementos e de como cumprem funções determinadas no seu processo evolutivo e dinâmico. Através da compartimentação dinâmico-funcional foi possível associar as formas de relevo às paisagens elementares propostas por Polynov e identificar os tipos funcionais em conformidade com a geoquímica da paisagem.

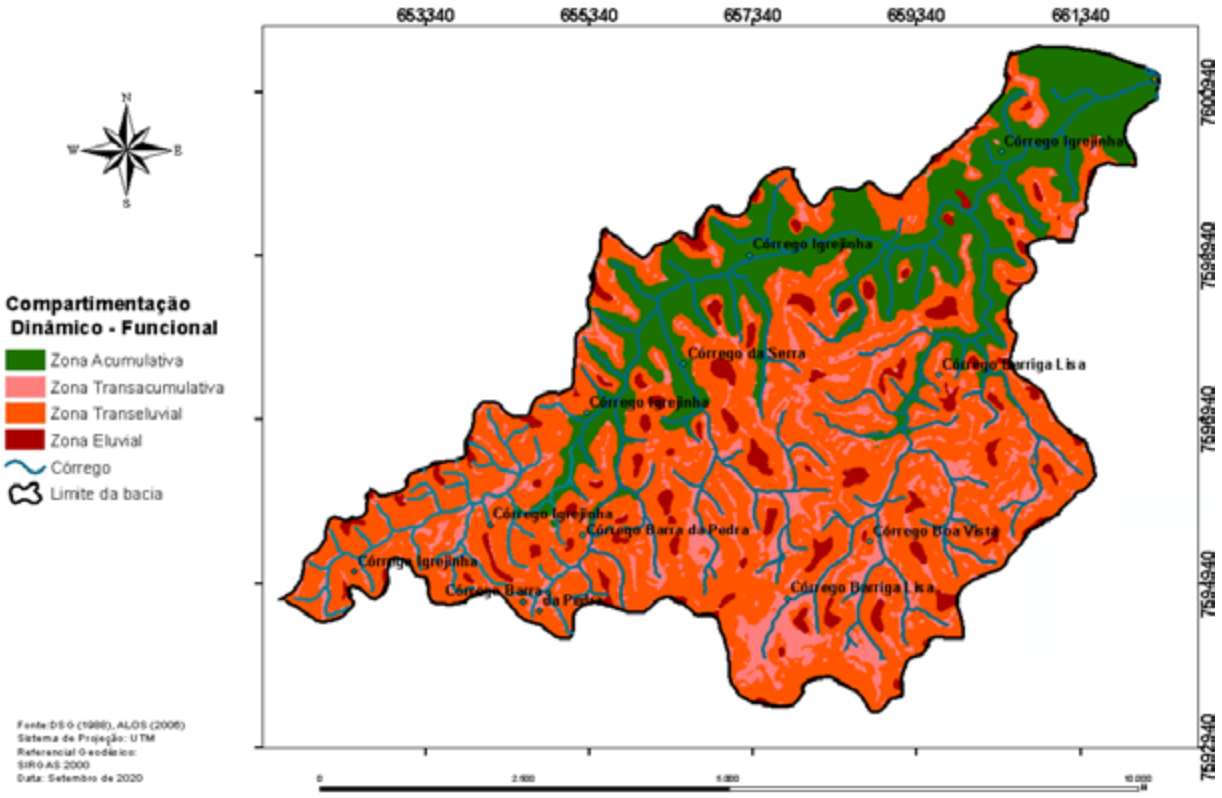


Figura 4: Mapa de Compartimentação Dinâmico - Funcional da Bacia do Córrego Igrejinha (Juiz de Fora, MG)

As paisagens autônomas (zonas eluviais) estão localizadas nos topos de morro e morrotes, os setores funcionalmente emissores de matéria e energia a partilharem dos fluxos sistêmicos operantes. O input de matéria e energia nessas áreas ocorre principalmente por precipitação atmosférica, e os processos de transformação e transporte que ocorrem nesses meios determinam as características de todos os demais setores de paisagem que se conectam na cascata de matéria e energia.

Nas altas e médias encostas se consolidam as paisagens subordinadas, entre as zonas transeluviais são as áreas com declives significativos onde o transporte é mais intenso e a denudação das vertentes indefectivelmente mais funcional. Na compartimentação proposta, tais zonas figuram como as de maior expressão espacial, estando funcionalmente encadeadas às zonas acumulativas, áreas com declividades mais moderadas onde o acúmulo de materiais se consorcia ao transporte. As zonas transacumulativas, naturalmente, também mantêm estreitas relações com o relevo, correspondendo às baixas vertentes das morrarias mamelonizadas onde ocorre alguma acumulação coluvial

As zonas acumulativas estão ligadas aos níveis de base locais, correspondendo aos relevos de planícies fluviais. Tais morfologias agradacionais são contínuas no córrego Igrejinha, faltando apenas no seu alto curso, se prolongando também em alguns afluentes diretos. A presença de argilas do tipo montmorilonita nos fundos de vale, associada à ocorrência de solos de estrutura marcadamente colunar ou em blocos subangulares, sugere que o córrego Igrejinha disseca um bloco em subsidência que engendra um ambiente geoquimicamente redutor propício à formação das argilas 2:1. Notoriamente, o rio em apreço atinge o nível de base após percorrer uma restrita extensão superficial, coincidindo com um

desvio lateral do canal condicionado por uma falha transcorrente bem marcada, presumivelmente marcando o limite do bloco em subsidência coalescente ao gráben do rio Paraibuna.

A relação dialógica entre as formas de relevo e as paisagens elementares admite integrações categóricas pelas quais os enfoques dinâmicos-funcionais buscam as relações de aderência entre as morfologias e o encadeamento da cascata de matéria e energia responsável pelo transporte de detritos e substâncias. A figura 5 consiste em uma amostragem bastante representativa do aludido encadeamento no contexto da bacia do córrego Igrejinha, tipificada em zonas emissoras convexas e de tamanho restrito, transmissões em vertentes curtas e tendência de acumulação de material em morfologias agradacionais bastante desenvolvidas, formando um barramento geoquímico que se gemina naturalmente aos materiais aprisionados no gráben do rio Paraibuna.

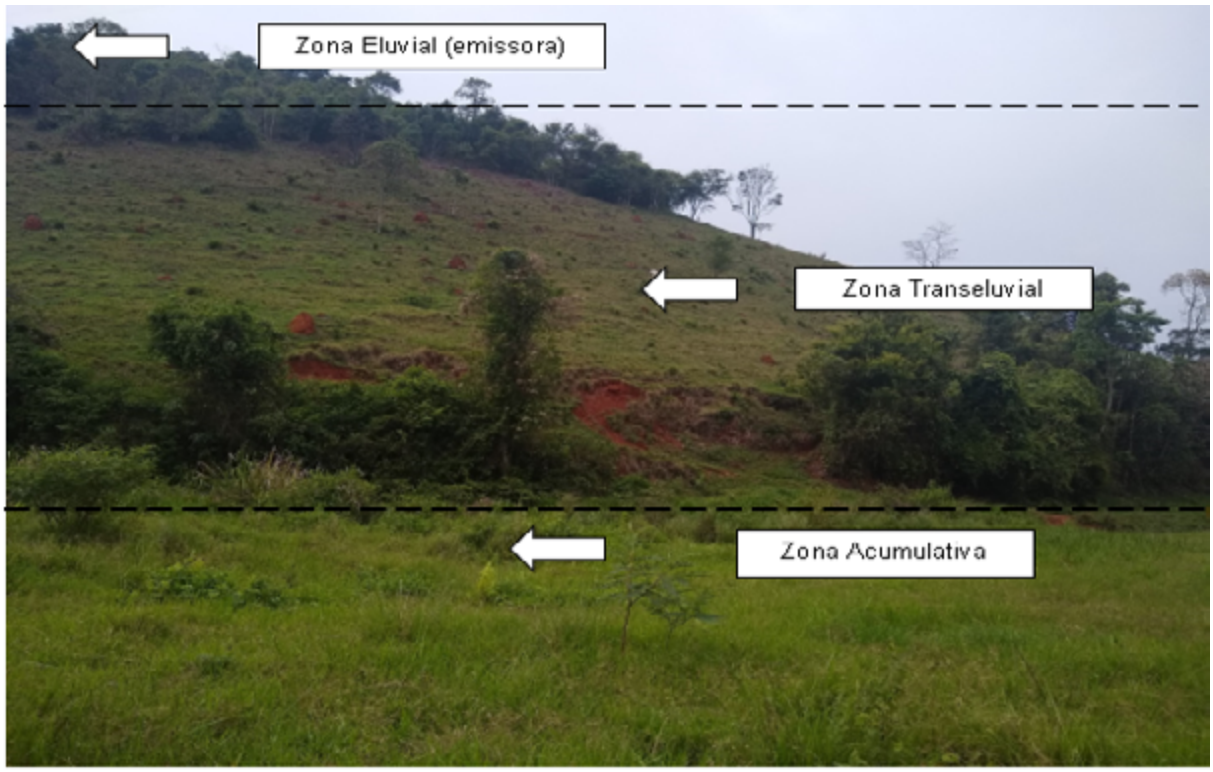


Figura 5: Compartimentos dinâmico-funcionais encadeados na Bacia do Córrego Igrejinha (Juiz de Fora, MG).

5. Considerações Finais

O enfoque funcional na análise da paisagem esclarece como ela está alinhada em relações funcionais marcadas pela movimentação de seus elementos e como tais setores cumprem funções determinadas e participam de forma peculiar no seu processo evolutivo e dinâmico. Através da compartimentação dinâmico-funcional foi possível observar a importância das paisagens elementares e mapear os possíveis caminhos para a mobilidade de elementos químicos e entender como o fluxo de matéria diferencia a estrutura superficial da paisagem.

As ações levadas a cabo no escopo do presente paper se inscrevem como etapa preliminar no estudo da geoquímica da paisagem na referida bacia, já visando a interpretação dos padrões de migração das substâncias organo-minerais com base em análises químicas e mineralógicas. Essa metodologia, portanto, é

acompanhada de técnicas analíticas aplicadas em laboratório e campo, comparando as assinaturas geoquímicas e a direção dos fluxos de matéria e energia que se encadeiam pelos compartimentos dinâmico-funcionais da bacia. Portanto, é fundamental um conhecimento detalhado das coberturas de alteração e sua variação ao longo das paisagens elementares. A caracterização dos elementos por técnicas laboratoriais tais como difração de raio-X, fluorescência de raio-X, a identificação de elementos químicos por análises de fertilidade, entre outras, projetam as relações e as aderências entre os compartimentos dinâmico-funcionais e os compartimentos geoquímicos, aprimorando os conhecimentos acerca da estrutura superficial da paisagem em terrenos cristalinos, desvelando aspectos de suas assinaturas geoquímicas e dos padrões de migração operantes.

6. Referências

BRASIL. Prefeitura de Juiz de Fora. **Lei Municipal nº 9811, de 27 de junho de 2000. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora (PDDU)**. Juiz de Fora,2000.

CAVALCANTI, *el al*. **Geoecologia das Paisagens: Uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza: UFC, 2010. 222 p.

MIRLEAN, *et al.* **O que é geoquímica de paisagem?** Geosul,São Paulo, v. 21, n. 41, p. 107-126, 2006.

OSTASZEWSKA, K. **THE GEOCHEMICAL LANDSCAPE CONCEPT AND ITS USEFULNESS IN PHYSICAL GEOGRAPHY**. Miscellanea Geographica, Varsóvia, v. 14, n. 5, p. 5-12, 2010.

PAULA, I, F, M.; FERREIRA, C, C, M. **Avaliação e mapeamento da cobertura vegetal da região central da cidade de Juiz de Fora – MG**. Ra'Ega: O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v. 39, p. 146-166, 2017.

PERELMAN, A, I. **Geoquímica de Paisagem**: **Relatórios da Conferência Científica de Moscou**. Moscou: Faculdade de Geografia, Universidade Estadual de Moscou, 2016.675 p. (EM RUSSO)

POLYNOV, B.B. **Selecta**. Moscow: AN USSR, 1956. (EM RUSSO)

SOARES, A. C. P *et al.* **Projeto Sul de Minas**. Belo Horizonte :COMIG-SEME, vol. 1, p. 8-50, 2003.

COMPARTIMENTAÇÃO GEOAMBIENTAL DO AÇUDE DIAMANTE, COREAÚ-CE: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E MANEJO SUSTENTÁVEL DOS SOLOS.

Andréia Cardoso de Souza
Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA
Av. da Universidade, 850 - Campus da Betânia - Sobral-CE/CEP: 62.040-370
E-mail: andreiasouza21mestrado@gmail.com
Simone Ferreira Diniz
Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA
Av. da Universidade, 850 - Campus da Betânia - Sobral-CE/CEP: 62.040-370
E-mail: dinfersim@hotmail.com

Resumo

A utilização dos recursos naturais para o desenvolvimento de atividades antrópicas no semiárido brasileiro é fortalecida pela política de açudagem, que vislumbram o acesso democrático e usos múltiplos da água. A presente pesquisa aborda a Compartimentação Geoambiental e os principais usos do solo potencializados pela presença do açude Diamante. Destaca as problemáticas ambientais desencadeadas a partir do desenvolvimento de técnicas de manejo não sustentável, como também as formas de relevo, que juntamente com a configuração das demais variáveis ambientais, possibilita o desenvolvimento de atividades agrícolas na região, com destaque a agricultura de subsistência. A Análise Ambiental Integrada é a base metodológica, descrevendo as Unidades Geoambientais/sistemas. Neste viés, propõe o estudo integrado como instrumento para amenizar os impactos adversos desencadeados pela falta de técnicas de manejo sustentável, enfatizando a proeminência da prática de educação ambiental.

Palavras-chave: Análise Ambiental. Educação ambiental. Recursos Hídricos. Uso do Solo

1. Introdução

A problemática ambiental não é um tema recente, e não nasce somente no pós-guerra. Há registros do século XIII de protestos contra a destruição de florestas na Europa, que resultaram no fechamento de serrarias, onde os proprietários de terras tiveram que plantar árvores para a recuperação de florestas na França. Portanto, é importante salientar, que somente após os anos 1970 é que a discussão das questões ambientais se acirrou na sociedade como uma pauta de desenvolvimento sustentável.

A partir da década de 1960, alguns estudiosos ambientalistas alertaram sobre os problemas ambientais, desencadeados pela exploração intensiva dos recursos ambientais. A preocupação com os impactos ambientais e sociais decorrentes das atividades antrópicas tornou-se pauta de discussões internacionais, destacando o ritmo desenfreado de exploração da natureza que poderá afetar a qualidade de vida das próximas gerações. Dessa forma, os movimentos ambientalistas culminaram na realização de eventos mundiais para a discussão e formulação de medidas em favor do meio ambiente. É nesse contexto que surge a formulação de legislações ambientalistas de vários países, inclusive o Brasil.

Neste sentido, se tem no Nordeste brasileiro, em especial, no Estado do Ceará, o desenvolvimento de políticas voltadas para a segurança hídrica da população. A água é um recurso essencial à vida, porém em algumas regiões do planeta possuem grandes escassez hídrica, justificadas pela predominância de fatores físicos ambientais, que associados à falta de gestão adequada, dificultam o acesso à água.

Teixeira (2004) ressalta as irregularidades do regime pluviométrico do Estado do Ceará, associado ao baixo potencial de armazenamento em lençóis freáticos e a intermitência dos rios, condicionou o desenvolvimento de políticas de infraestrutura hídrica.

As condições físicas associadas à distribuição desigual de água levou o governo estadual a estabelecer medidas que viabilizassem o crescimento econômico, proporcionando a melhoria das condições de vida no semiárido cearense, e desenvolvendo em seu território a prática de açudagem, como por exemplo, a construção de barramentos nos rios que passaram a ser perenizados durante o período de escassez.

A legislação que reforça o desenvolvimento destas práticas é a Lei Nº 9.433 que determina a Política Nacional de Recursos Hídricos, e a legislação estadual Nº 14.844 de 2010. Porém, antes da elaboração da lei das águas, no Estado do Ceará já havia o desenvolvimento de políticas hídricas, legitimadas pela Lei Nº 11.996/1992, que instituiu o Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos no Ceará.

O Estado do Ceará tem se destacado nacionalmente pela a experiência no desenvolvimento de políticas de convivência no semiárido, utilizando novas tecnologias para favorecer a gestão dos recursos hídricos, tornando-se exemplo para os demais estados brasileiros. A construção de reservatórios, como por exemplo, o açude Diamante se efetivou a partir dos anos 1990, após a instauração da Política Estadual de Recursos Hídricos, fortalecendo o que já estava acontecendo no estado, possibilitando a democratização dos Recursos Hídricos. Estas construções de infraestrutura hídrica são significativas, pois melhoraram a condição de vida no sertão (superfície de aplainamento), possibilitando o desenvolvimento de usos do solo, especialmente para cultura de subsistência.

As intensas práticas de usos e ocupação do solo têm ocasionado impactos negativos no meio ambiente da área em estudo, é que se traçaram os seguintes objetivos: estabelecer a compartimentação dos sistemas ambientais que irão definir as atividades econômicas compatíveis com a capacidade de suporte de cada unidade, apresentando os principais tipos de uso do solo, as contribuições da educação ambiental e suas práticas para o manejo sustentável do solo.

Desse modo, o método da análise ambiental integrada é de extrema importância para esta pesquisa, pois permite o entendimento da relação das variáveis ambientais com as condições dos usos de solos, potencializada pela presença do açude Diamante.

O conhecimento prévio que se tem sobre as práticas de uso e ocupação do solo na área de estudo despertou o interesse de propor medidas mitigadoras como ferramenta essencial para o entendimento de técnicas sustentáveis de manejo dos solos, possibilitando a comunidade Boqueirão e usuários da água do açude, melhor qualidade de vida.

2. Área de Estudo

A área em estudo corresponde ao Açude Diamantes, localizado na Região Noroeste do Estado do Ceará, precisamente no município de Coreaú (Figura 1). O açude é um barramento construído no riacho Diamante, afluente da sub-bacia do Juazeiro, e tributário da bacia hidrográfica do rio Coreaú. O açude foi construído no ano de 1998, pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca – DNOCS. Sua capacidade é de 13.200.00 m^3, onde sua localização geográfica foi pensada, estrategicamente, ao armazenamento de água, visto que sua parede foi construída entre dois inselbergs conhecidos popularmente como “serrotes boqueirão”.

A infraestrutura hídrica e as condições ambientais que essa formação geomorfológica, juntamente com a atuação de fatores climáticos, torna esta área uma potencialidade para o desenvolvimento de atividades relacionadas ao uso e ocupação do solo.

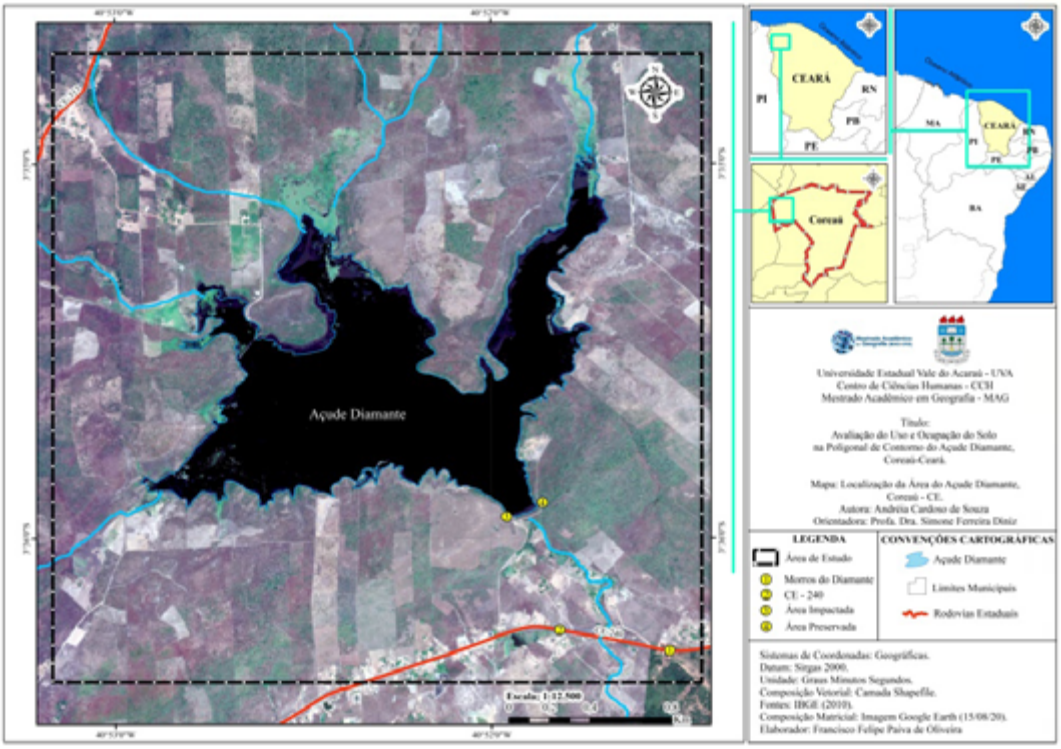


FIGURA 1: Mapa de localização do açude Diamante, Coreaú-CE
Fonte: Souza (2021)

3. Metodologia

Inicialmente foi realizado um levantamento teórico-metodológico pautado em leituras de artigos científicos, dissertações e documentos disponibilizados nos sites de órgãos públicos. Leituras como, Souza (1988;2000), Nascimento et. Al. (2008), Diniz (2010), Carvalho e Barcelos (2017) e Souza (2019) foram essenciais para o entendimento do meio físico e as interações decorrentes do uso e ocupação do solo.

A compartimentação ambiental foi descrita de acordo com Souza (2000), que ressalta a importância dos estudos integrados dos componentes ambientais para o entendimento do ambiente como um todo. As contribuições de Souza e Oliveira (2011) também ajudaram na compreensão metodológica, descrevendo a análise ambiental integrada como "instrumento técnico de manejo dos recursos naturais, eficiente para a proteção dos sistemas ambientais".

O suporte geológico apresenta as principais formações rochosas, descritas de ordem cronológicas ou cronoestratigráfica. Essas informações são muito relevantes no levantamento de outros componentes ambientais, tais como: geomorfológico, hidrológico e pedológico.

A proposta de manejo sustentável do solo tem como referencial teórico a tese de doutorado de Diniz (2010). A proposta de inserção da educação ambiental como ferramenta essencial para as mudanças de hábitos relacionados ao manejo sustentável dos solos se sustenta em Carvalho e Barcelos (2017).

O trabalho de Souza (2019) foi essencial para o entendimento das interações existentes na área de estudo, visto que seu objeto está inserido no contexto de predominância do semiárido, e com aspectos ambientais semelhantes ao da poligonal de contorno do açude Diamantes. Outro trabalho significativo para o entendimento de algumas variáveis ambientais foi o artigo de Mascarenhas (2021), um estudo sobre o cultivo de capim "agropó" no inselberg boqueirão.

O mapa de localização da área de estudo foi elaborado em escala de 1:12.500, onde considerou-se o Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum sirgas 2000, Zona 24 S, com unidades representativas em grau, minuto e segundo. Elaborado utilizando arquivos shape do IBGE (2010) e composição matricial de imagem do Google Earth (15/08/2020).

O material cartográfico disponibilizado nos sites dos órgãos públicos estaduais e nacionais foi utilizado para a realização da caracterização físico-ambiental da área. Para a identificação das unidades geológicas se utilizou o Mapa geológico do Estado do Ceará, disponibilizado pela CPRM. A geomorfologia da área foi identificada durante o campo com auxílio do mapa das unidades geoambientais do Estado do Ceará, disponibilizado pela FUNCEME(2009). As variáveis climáticas, pedológicas, fitoecológicas, assim como o uso e ocupação foram caracterizadas de acordo com mapas da FUNCEME, com informações complementares do livro Projeto Radambrasil, folha SA. 24 Fortaleza.

O material descrito acima auxiliou na atividade de campo, esta foi essencial para a caracterização geomorfológica, pedológica, fitogeográfica e o uso do solo. A obtenção de fotografias da área de estudo também foi significativa para fins de comparação entre áreas degradadas e não degradadas.

4. Resultados e discussões

4.1 Compartimentação Geoambiental

Segundo Nascimento et. al. (2008) "à Abordagem sistêmica considera o sistema como o conjunto de unidades que têm relações entre si". Portanto, os sistemas não atuam de forma isolada, cada variável do sistema depende do estado das demais unidades ambientais.

Desse modo, os componentes ambientais – de ordem geológica, geomorfológica, hidroclimática, pedológica e fitoecológica são elementos condicionantes para o desenvolvimento de atividades antrópicas, onde técnicas de manejo sustentável devem ser inseridas, visando à preservação e conservação.

A área de estudo está inserida na província da Borborema, no domínio geológico do Médio Coreaú, com unidades litoestratigráficas do Grupo Ubajara (Formação Coreaú) e Grupo Martinópole (Formação São Joaquim). A área apresenta também zonas de cisalhamento, falhas, fraturas e foliação, decorrentes de processos geológicos do período Neoproterozóico, ocasionados pela orogênese brasiliana (CPRM,2020).

- Segundo a CPRM (2020) a Formação Coreaú "é composta por metarenitos arcoseanos com intercalações de metapelitos, metagrauvacas e metaconglomerados".

- A Formação São Joaquim é formada por "quartzitos puros e micáceos com xistos, rochas calcissilicáticas e formações ferríferas intercaladas" (CPRM,2020).

O clima predominante é o tropical semiárido, caracterização climática presente em quase toda a Região Nordeste, tendo como principais características: altas temperaturas, solos rasos, vegetação caatinga, rios intermitentes e baixos índices pluviométricos, com chuvas mal distribuídas no tempo e no espaço. Normalmente, as chuvas concentra-se no período da quadra chuvosa, que corresponde aos meses de janeiro a maio, onde o restante dos meses é determinado pela escassez de chuvas (SOUZA, 2019).

A compartimentação ambiental da área é representada por Superfície de Aplainamento, Planície Fluvial do Riacho Diamante e Inselbergs (serrotes Boqueirão).

A Superfície de aplainamento é do Quaternário e sua litologia do pré-cambriano, composta por material *gnaisse migmatítico*, corresponde a áreas de relevo suave representada pelo sertão do médio Coreaú. A semiaridez predominante na área ocasiona um período de 6 a 8 meses de estiagem, com temperatura média de 24ºC a 26ºC e pluviosidade anual de 400 a 800 milímetros. Apresenta também solos rasos e pedregosos, com a predominância da vegetação de Caatinga, como por exemplo, a espécie de jurema preta (*Mimosa tenuiflora)* que conseguem sobreviver às secas periódicas.

A Superfície de Aplainamento está representada pela ocupação de residências da comunidade Boqueirão, onde também são desenvolvidas atividades agrícolas como o plantio de milho, feijão e mandioca. Contudo, os aspectos morfoclimáticos condicionam atividades de uso e ocupação específica para cada unidade ambiental, contribuindo para a intensa atividade erosiva das formas de relevo.

A unidade ambiental mais significativa desta pesquisa é a Planície fluvial do riacho Diamante, onde o açude está inserido, cujo suporte geológico é caracterizado pelo material sedimentar formado na era cenozóica-quaternário. Suas principais nascentes estão localizadas nos Inselbergs (Boqueirão e Mota) e Serra de São Joaquim. Sua desembocadura ocorre no médio curso do riacho Juazeiro, precisamente, na localidade de Cigano próximo ao distrito de Araquém-Coreaú-CE.

O riacho apresenta uma drenagem do tipo exorréica, padrão dendrítico, justificado pela predominância do material cristalino, caracterizado pela intermitência ocasionada pelo clima semiárido. Estudos técnicos realizados pela COGERH (2021) apontam que a dificuldade de sangria do Açude Diamante está relacionada ao tamanho da sua rede de drenagem, que nos períodos chuvosos não conseguem obter um aporte de água equivalente à cota máxima do reservatório.

4.2 Uso e Ocupação do Solo e Problemas Ambientais

O açude Diamantes é um condicionante que potencializa o desenvolvimento de atividades agrícolas na região. Suas adjacências correspondem a áreas elevadas (inselbergs), onde sua margem esquerda apresenta áreas mais preservadas, com vegetação arbórea densa (Figura 2A).



FIGURA 2: A- Inselberg em estado de preservação. B-Inselberg descaracterizado
Fonte: Souza (2021)

Na margem direita do açude Diamante (figura 2B), para o lado da comunidade Boqueirão, o serrote encontra-se em estado de intensa degradação, com acentuada erosão nos solos, que segundo Mascarenhas (2021) apresentam alto teor de salinidade decorrentes da atividade de plantio de capim "agropó *(Andropogon gayanus)*. Neste sentido, o açude Diamante é uma área de deposição de sedimentos erodidos nos Inselbergs de Boqueirão, Coreaú-CE.

Carvalho e Barcelos (2017) destaca que o solo é um "componente fundamental dos ecossistemas e dos ciclos naturais", permite o desenvolvimento de vegetação, como também o armazenamento de água nos solos, dependendo de suas características físicas (composição mineralógica e profundidade) e hidroclimáticas de uma determinada região. Os solos encontrados na área de estudo são em boa parte Argissolos Vermelho-Amarelo, com pouca expressividade dos solos Litólicos e nas calhas fluviais os solos Aluviais.

A caracterização pedológica foi realizada com base na classificação de solos da EMBRAPA (2018), onde os solos que compreende o município de Coreaú são os Argissolos, Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos.

Os Argissolos são solos que contém material mineral, com a presença de um horizonte B textural de argila baixa ou alta atividade. Esse horizonte Bt é encontrado abaixo do horizonte superficial, exceto o hístico. Possuem uma profundidade variável, podendo ser fortemente drenados ou não, com cores avermelhadas ou amareladas, raramente apresentam cores "brunadas ou acinzentadas, com textura arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este" (EMBRAPA, 2018).

De acordo com Oliveira (2006) nas áreas com uma declividade acentuada e a presença de erosões hídricas superficiais predominam os Neossolos Litólicos. Possui horizonte A firmado sobre a rocha ou sobre um horizonte C que apresenta um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo. Dispõe de um horizonte B no seu início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2018).

Os Neossolos Flúvicos encontrados na área estão localizados na planície fluvial do riacho Diamante. Estes solos são oriundos da sedimentação do material que é transportado pelos rios, apresentando caráter flúvico. "Possui horizonte glei ou de coloração esbranquiçada, se desenvolvem abaixo do horizonte A com uma profundidade superior a 150 cm" (EMBRAPA, 2018).

Como mostra a figura 3B, à vegetação se encontra em níveis elevados de descaracterização, onde as observações em campo possibilitaram a identificação de uma vegetação secundária capim agropó *(Andropogon gayanus)*, com alguns resquícios de Caatinga Arbórea e Arbustiva. O inselberg da figura 3A apresenta a vegetação de Floresta subcaducifólia tropical plúvio-nebular (mata seca) e Floresta Caducifólia espinhosa (Caatinga arbórea), bastante preservadas (FERNANDES, 2006).



FIGURA 3: A-Vegetação do Inselberg preservado. B-Vegetação do Inselberg descaracterizado
Fonte: Souza (2021)

As construções de infraestrutura hídrica são significativas, pois melhoraram a condição de vida no sertão, possibilitando o desenvolvimento de usos do solo, especialmente para cultura de subsistência. Diniz (2010, p.13) fala sobre a modificação de paisagens naturais relacionadas ao manejo inadequado dos solos, podendo intensificar o processo de desertificação, onde as intensas práticas de usos e ocupação do solo têm ocasionado impactos negativos ao meio ambiente.

Durante as observações em campo, foi constatado que o uso e ocupação do solo na região são caracterizados pelo desenvolvimento de cultura de sequeiro (milho, feijão e mandioca) e criação de animais (bovinos e caprinos). As técnicas

desenvolvidas pelos agricultores são rudimentares, inexistindo uma correção do solo e muito menos utilização do terraceamento nas áreas elevadas. Mesmo sendo uma produção de subsistência, os agricultores fazem usos de defensivos agrícolas (agrotóxicos), que geram impactos negativos não somente para a vida humana, como também para a qualidade da água do açude Diamantes e todo o seu sistema de bacia hidrográfica.

4.3 Educação Ambiental e Propostas de Manejo Sustentável do Solo

Considerando a existência dos impactos em torno das problemáticas ambientais desencadeadas pela falta de manejo adequado dos solos, como também a necessidade da garantia de água potável para abastecimento humano, faz-se necessário propor algumas medidas mitigadoras, favoráveis ao que está descrito no Art. 225 da Constituição Federal "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá- lo para as presentes e futuras gerações". Com base no inventário ambiental de açudes da COGERH (2011), algumas medidas a curto e longo prazo foram estabelecidas.

4.3.1 Medidas mitigadoras em curto prazo:

- Elaboração e execução de projetos que visam à recuperação das áreas degradadas identificadas na área da poligonal do açude Diamante;
- Substituição dos agrotóxicos por defensivos naturais.

4.3.2 Medidas mitigadoras em longo prazo:

- Adotar práticas de conservação do solo (adubação verde e plantio direto) na bacia hidrográfica, nos plantios de sequeiro e vazante, para promover o uso sustentável do solo na agricultura sem a necessidade de utilização de insumos agrícolas e agrotóxicos,
- Por se localizar entre áreas elevadas, o transporte de sedimentos para dentro do açude Diamante será mais intenso do que em áreas rebaixadas, neste caso, o manejo sustentável do solo através das técnicas de terraceamento é a mais indicada.
- Deferir sobre políticas de Incentivos aos agricultores com fins de implantar sistemas de agricultura orgânica;
- Recuperação da vegetação do inselberg Boqueirão, da mata ciliar na Área Preservação Permanente (APP) do riacho Diamante, promovendo a inibição do processo de assoreamento e revitalização da fauna;
- Delegar a fiscalização dos órgãos competentes quanto ao uso impróprio do solo na região de entorno, a utilização de defensivos agrícolas químicos;
- A aplicação da Lei Nº 9.795/1999, que descreve a importância da Educação Ambiental como a ferramenta principal para a educação da sociedade. Nos artigos 2º e 3º, a legislação descreve que a "Educação Ambiental é um componente essencial no processo educativo mais amplo da sociedade brasileira", com objetivos de despertar nos cidadãos "uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos".

5. Considerações finais

Esta pesquisa se mostra importante, pois quase não existem estudos detalhados sobre o objeto apresentado. A avaliação do uso e ocupação, juntamente com a descrição físico-ambiental da paisagem, subsidiarão informações para outras pesquisas na área, contribuindo para a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico do município de Coreaú-CE.

De acordo com as informações de usos do solo apresentado nesta pesquisa, se torna necessário à aplicação de técnicas de manejo sustentável dos solos e da água do reservatório, contribuindo de forma significativa para o sistema de gestão das águas na bacia hidrográfica do rio Coreaú. Portanto, a análise ambiental integrada em conjunto com as propostas em educação ambiental são ferramentas que poderão solucionar alguns problemas decorrentes das atividades antrópicas nesta área, devendo ser aplicada não somente para os agricultores, como também a todos os usuários do Açude Diamantes.

A educação ambiental é essencial na mudança de hábitos da sociedade, principalmente, relacionados ao uso do solo. É importante que o poder público possibilite à população o desenvolvimento de atividades educacionais, compartilhando ideias e conhecimentos sobre como agir para a diminuição dos impactos negativos.

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), ao curso de Mestrado Acadêmico em Geografia (MAG), e à orientadora Profª Dra. Simone Ferreira Diniz.

Referências

CARVALHO, Nathália Leal; BARCELLOS, Afonso Lopes. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: IMPORTÂNCIA NA PRESERVAÇÃO DOS SOLOS E DA ÁGUA. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 39-51, maio 2017. Universidad Federal de Santa Maria. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/30067. Acesso em: 14 abr. 2021.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª edição, Brasília-DF, 2018. 365 p. Disponível em: https://www.embrapa.br/solos/sibcs. Acesso em: 02 abr. 2021.

CPRM. **Mapa geológico do estado do Ceará**. 2020. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20418. Acesso em: 11 mar. 2021.

DINIZ, Simone Ferreira. **CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA E PEDOLÓGICA DA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO CEARÁ**. 2010. 169 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geociência e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

FERNANDES, Afrânio. **Fitogeografia brasileira: províncias florísticas**. 3ª ed. Fortaleza: Realce Editora e Indústria Gráfica, 2006.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Base de dados pluviométricos**. Fortaleza: FUNCEME, 2014. Disponível em (http://www.funceme.br) Acesso em: 13 Fev. 2021.

IBGE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Estado do Ceará. **Ceará em Mapas: Informações Georrefenciadas e Espacializadas do Estado do Ceará (Meio Ambiente)**. Fortaleza, 2013. Disponível em http://www.ipece.ce.gov.br. Acesso em 13 fev 2019.

MASCARENHAS, Francisco Teles de Souza. **PRÁTICAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA COMUNIDADE BOQUEIRÃO (ARAQUÉM-COREÁU-CE)**: o uso de agrotóxico e o capim ²agrapó² como situações problemas. 2021. 27 f. Monografia (Especialização) - Curso de Geografia Licenciatura, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2021.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do; CUNHA, Sandra Batista da; SOUZA, Marcos José de; CRUZ, Maria Lucia Brito da. DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA SEMI-ÁRIDA DO RIO ACARAÚ: subsídios aos estudos sobre desertificação. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 28, n. 1, p. 1-21, jan. 2008. Disponível em: https://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg/article/view/4900. Acesso em: 23 maio 2021.

RODRIGUES, Jose Marcos Duarte. **ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BOM JESUS, TAPERUABA, CEARÁ, BRASIL**. 2016. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geografia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2016. Disponível em: http://www.uvanet.br/mag/dissertacoes.php. Acesso em: 06 maio 2021.

SOUZA, Andréia Cardoso de. **RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: BASES GEOGRÁFICAS COMO SUBSÍDIO PARA A GESTÃO AMBIENTAL DO AÇUDE ANGICOS, COREAÚ-CE.** 2019. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Geografia Bacharelado, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2019.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. **Bases naturais e esboço de zoneamento geoambiental do estado do Ceará.** In: LIMA, L. C., SOUZA, M. J. N., MORAES, J. O. (orgs.). Compartimentação territorial e gestão regional do estado do Ceará. Fortaleza: Editora FUNECE, 2000.

_____. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia (nº 1)**. Fortaleza: Edições Universidade Federal do Ceará, 1988.

_____; OLIVEIRA, Vládia Pinto Vidal de. Análise Ambiental – Uma Prática da Interdisciplinaridade no Ensino e na Pesquisa. **REDE – Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza, v. 7, n.2, p. 42-59, nov. 2011.

TEIXEIRA, Francisco José Coelho. **Modelos de Gerenciamento de Recursos Hídricos: Análises e Proposta de Aperfeiçoamento do Sistema do Ceará**. 2004. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, Brasília, 2004.

TORRES, Marcelia Vieira. **COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E AMBIENTES DE AÇUDE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COREAÚ NO CEARÁ.** 2016. 164 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Geografia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2016. Disponível em: http://www.uvanet.br/mag/dissertacoes.php. Acesso em: 10 fevereiro 2021.

COMPLEXIDADE DE PAISAGENS EM AMBIENTES PERIGLACIAIS DA ANTÁRTICA MARÍTIMA

Davi do Vale Lopes
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Dep. de Geografia, Rua Joaquim Gregório, s/n - Penedo, Caicó-RN, CEP 59300-000, Brasil.
E-mail: davivlopes@hotmail.com
Fábio Soares de Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais
Dep. de Geografia, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, CEP 31270-901, Brasil
E-mail: fabiosolos@gmail.com
Carlos Ernesto G.R. Schaefer
Universidade Federal de Viçosa
Dep. de Solos, Av. P.H.Rolfs, s/n, Campus universitário, Viçosa, MG, CEP: 36570-900 Brasil
E-mail: carlos.schaefer@ufv.br

Resumo

A ampla gama de ambientes periglaciais da Antártica tem muito a contribuir com discussões relevantes como as mudanças climáticas. O presente estudo teve como objetivo analisar a complexidade paisagística em ambiente periglacial da Antártica Marítima através da análise dos processos geomorfológicos atuantes e geoformas resultantes. Realizou-se trabalhos de campo, identificação, caracterização e descrições das diferentes geoformas e processos associados. Identificou-se 13 geoformas, agrupadas em 3 grandes grupos: a) vulcânico; b) sedimentar; c) costeiro. A crioclastia é um processo de ocorrência generalizada. O domínio sedimentar apresenta paisagens mais dissecadas e com sinais de solifluxão. Ambientes com presença de permafrost estão associados com a ação do gelo (frost action) e formam paisagens singulares com ocorrência de patterned ground. A dinâmica hidrológica, a camada ativa e o permafrost, são os principais responsáveis pelo modelado do relevo.

Palavras-chave: crioclastia; gelifluxão; geomorfologia periglacial; patterned ground; permafrost.

1. Introdução

A ampla gama de ambientes periglaciais da Antártica, engloba paisagens e processos diversos, desde áreas com condições climáticas mais amenas, como a Antártica Marítima, até áreas com condições extremas, como Antártica Continental (CAMPBELL e CLARIDGE, 1987; HALL, 2013). Dessa forma tem-se um extenso laboratório natural, preservado, ainda em processo de conhecimento, que oferece informações que podem ser comparadas com outros ambientes de altas latitudes e altas altitudes, que ajuda no entendimento das condições climáticas do passado (como o Último Máximo Glacial), auxilia no monitoramento das alterações climáticas globais e ainda possui condições periglaciais análogas com outros planetas (GASSELT et al., 2005; HALL, 2013).

A geomorfologia periglacial na Antártica, vem passando por forte desenvolvimento ao longo das últimas décadas, principalmente, enriquecendo os debates sobre mudanças ambientais em domínios de altas latitudes e altas altitudes, onde os modelados do relevo estão diretamente ligados aos aspectos climáticos (BARSCH, 1993). A geomorfologia periglacial está vinculada à um conjunto de processos regidos pelo congelamento e descongelamento da água (frost action) (FRENCH, 2007; LOPEZ-MARTÍNEZ et al., 2012; LOPES et al., 2017; MACHADO et al., 2019), a qual também inclui processos fluviais e costeiros (BARSCH, 1993; LOPES et al., 2020). Estes processos influenciam na quebra e fraturamento das rochas (FRENCH, 2007), comumente em formas angulares, propiciando a liberação de materiais pelas vertentes e consequentemente o seu deslocamento, originando geoformas erosivas e/ou agradacionais.

A complexidade das paisagens antárticas também envolve aspectos relacionados com a escala temporal. As condições climáticas, com frio extremo, limitam a alteração química das coberturas superficiais, porém são identificadas algumas áreas de exceção (LOPES et al., 2019; LOPES et al., 2021). Nas regiões costeiras e na Península Antártica a maioria das superfícies são relativamente jovens, dessa forma, o fator tempo não é primordial para diferenciação das coberturas superficiais (BALKS et al., 2013). Em contrapartida, o fator tempo é essencial na região dos Vales Secos de McMurdo (ambiente desértico e com escassa cobertura de neve), onde as superfícies são extremamente antigas e com alterações do substrato associadas com o acúmulo de sal (BALKS et al., 2013).

As análises geomorfológicas em ambientes periglaciais necessitam de maior entendimento dos processos envolvidos, sendo essa uma tendência crescente para trabalhos cada vez mais detalhados, isto envolve uma complexidade processual, uma vez que os mecanismos geomórficos nem sempre são facilmente reduzidos às leis da física clássica (BARSCH, 1993). Estudos nesses ambientes oferecem informações importantes relacionadas a dinâmica do permafrost, modelados superficiais associados com o congelamento ou descongelamento da água, processos intempéricos (físicos e químicos) em ambientes extremos, comportamento frente às alterações climáticas, entre outros (FRENCH, 2007; FRANCELINO et al., 2011; LOPEZ-MARTÍNEZ et al., 2012; LOPES et al., 2017; MACHADO et al., 2019; LOPES et al., 2020; LOPES et al., 2021).

O presente estudo teve como objetivo analisar a complexidade paisagística em ambiente periglacial da Antártica Marítima através da análise dos processos geomorfológicos atuantes e geoformas resultantes.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A Ilha Snow localiza-se no Arquipélago das Shetlands do Sul (FIGURA 1), zona subantártica, caracterizada por temperatura do ar média anual de -2,8 °C e precipitação anual entre 500 e 800 mm (2002-2010) (BAÑÓN et al., 2013). A Ilha apresenta ocorrência de afloramentos do Mesozóico, com presença de rochas fossilíferas juro-cretáceas (SMELLIE et al., 1984). A área apresenta dois domínios geológicos: sedimentar e vulcânico. Registra-se rochas sedimentares como arenitos, siltitos, lamitos e conglomerados (HATHWAY; LOMAS, 1998; SMELLIE et al., 1984) e rochas ígneas como tufos, basaltos e andesitos (SMELLIE et al., 1984). Ao longo da área costeira são encontrados importantes locais com nidificação de aves e sítios ocupados por mamíferos marinhos. A vegetação da área (musgos e líquens) se concentra principalmente ao longo dos ecossistemas costeiros.

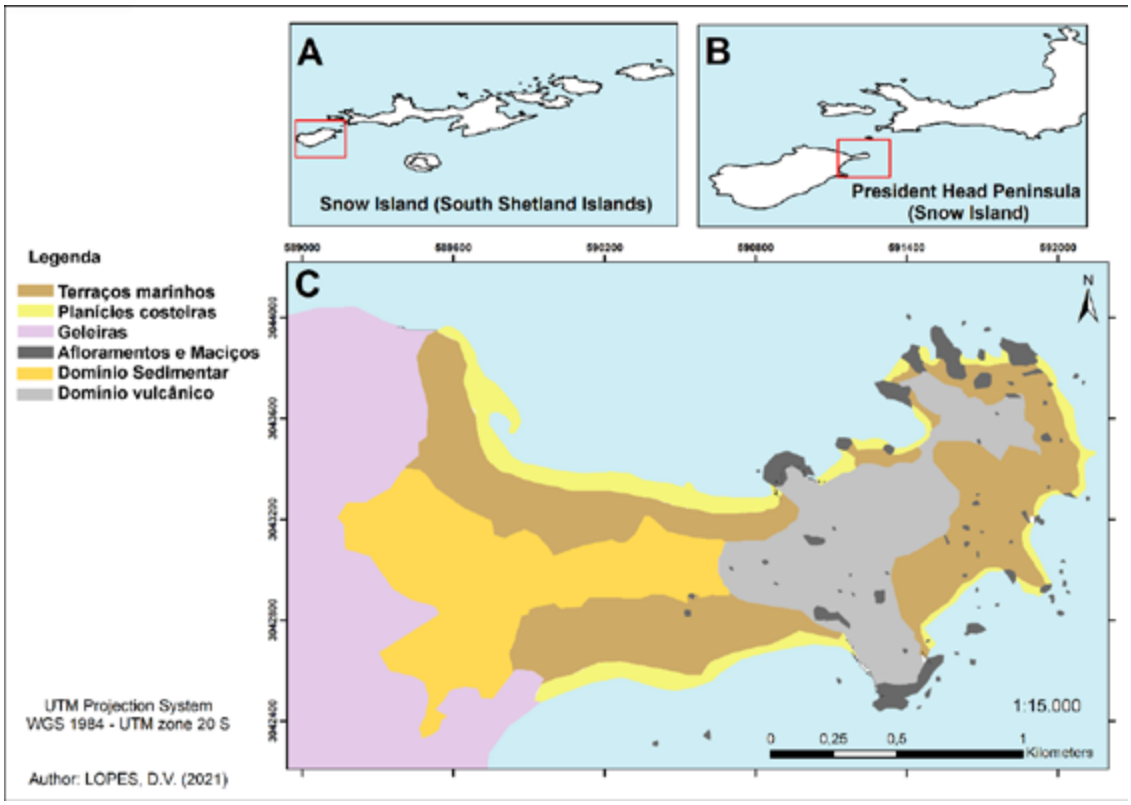


FIGURA 1: Mapa de localização da área de estudo.
A – Arquipélago das Shetlands do Sul; B – Ilha Snow; C – Península President Head.
Fonte: Arquivo dos autores.

2.2 Descrição e caracterização das paisagens

As unidades geomorfológicas foram descritas e georreferenciados em campo com uso de GPS portátil. Realizou-se trabalhos de campo para reconhecimento, identificação e caracterização das formas de relevo e processos associados. Considerou-se informações morfológicas, aspectos associados aos materiais (solos, sedimentos e rochas), aspectos bióticos (fauna e flora), processos em encostas e processos em relevo plano a suave ondulado.

Diferentes formas de relevo foram descritas e analisadas na Ilha Snow, Antártica Marítima. Realizou-se interpretações de acordo com estudos geomorfológicos anteriores na Antártica Marítima (FRANCELINO et al., 2011; LOPEZ-MARTÍNEZ et al., 2012; MOURA et al., 2012; MICHEL et al., 2014), com classificação de formas e processos baseados em Burn (2007), French (2007) e Lopez-Martinez et al. (2012).

3. Resultados

Identificou-se treze (13) geoformas na área de estudo associadas a processos distintos em encostas e em relevos planos a suave ondulados: platô, patterned ground, lóbulos de solifluxão, cones de tálus, escarpas rochosas, maciços, nichos de nivação, colinas dissecadas, encostas de tálus, planícies costeiras, terraços marinhos, maciços costeiros e depósitos eólicos (TABELA 1). As geoformas foram agrupadas em 3 grandes grupos geomorfológicos: a) vulcânico; b) sedimentar; c) costeiro.

Tabela 1
Geoformas periglaciais e processos registrados na área de estudo.

Domínio	Materiais	Solos	Vegetação	Processos em relevo plano a suave ondulado	Processos de encostas	Geoformas
Vulcânico	Rochas ígneas (tufos, andesitos e basaltos)	presença de permafrost	musgos e líquens em locais com maior aporte hídrico	Gelifração/Crioclastia	Gelifração/Crioclastia	platô
		maior desenvolvimento pedogenético		Levantamento por congelamento (Frost heaving)		patterned ground
		estrutura granular ou em blocos subangulares desenvolvimento de horizonte B		Segregação por congelamento (frost sorting)	Solifluxão	lóbulo de solifluxão
				Crioturbação	Gravitacionais	cones de tálus
						escarpas rochosas
				sulcamento (< 50 cm)		maciços
				Nivação	Nivação	nichos de nivação
Sedimentar	Rochas sedimentares (conglomerado, arenito, siltito, lamito/mudstone)	ausência de permafrost na seção de controle	ausente	Gelifração/Crioclastia	Gelifração/Crioclastia	
		menor desenvolvimento pedogenético		ravinamento (> 50 cm)		colinas dissecadas
		pouco estruturados		Crioturbação	Gravitacionais	encosta de tálus
					Solifluxão	lóbulos de solifluxão
		solos muito argilosos/siltosos		Nivação	Nivação	nichos de nivação
Costeiro	Depósitos holocênicos (cascalhos e areias)	ausência de permafrost na seção de controle	musgos e líquens em locais com maior aporte hídrico	Gelifração/Crioclastia		
		menor desenvolvimento pedogenético		sedimentação		planícies
		predominância de grãos simples	densamente vegetado por musgos e líquens em ambientes fosfatizados	eólicos		depósito eólico
		solos mais estruturados em ambientes fosfatizados (granular)		intemperismo químico		terraços marinhos
		solos muito arenosos e cascalhentos		sulcamento (< 50 cm)		maciços costeiros

Fonte: Arquivo dos autores.

O domínio vulcânico é caracterizado pela presença de rochas como tufos, basaltos e andesitos (SMELLIE et al., 1984), solos com maior desenvolvimento pedogenético, mais estruturados, maior cobertura vegetal e ocorrência de permafrost (FIGURA 2.A). Registrou-se processos associados à ação do congelamento da água como gelifração (crioclastia), levantamento por congelamento

(frost heaving), segregação por congelamento (frost sorting) e crioturbação, sulcamento (< 50 cm) associado a canais de degelo, processos de nivação, solifluxão e gravitacionais (FIGURA 2). Identificou-se as seguintes geoformas: platôs, maciços, patterned ground, cones de tálus, lóbulos de solifluxão, escarpas e nichos de nivação (TABELA 1).

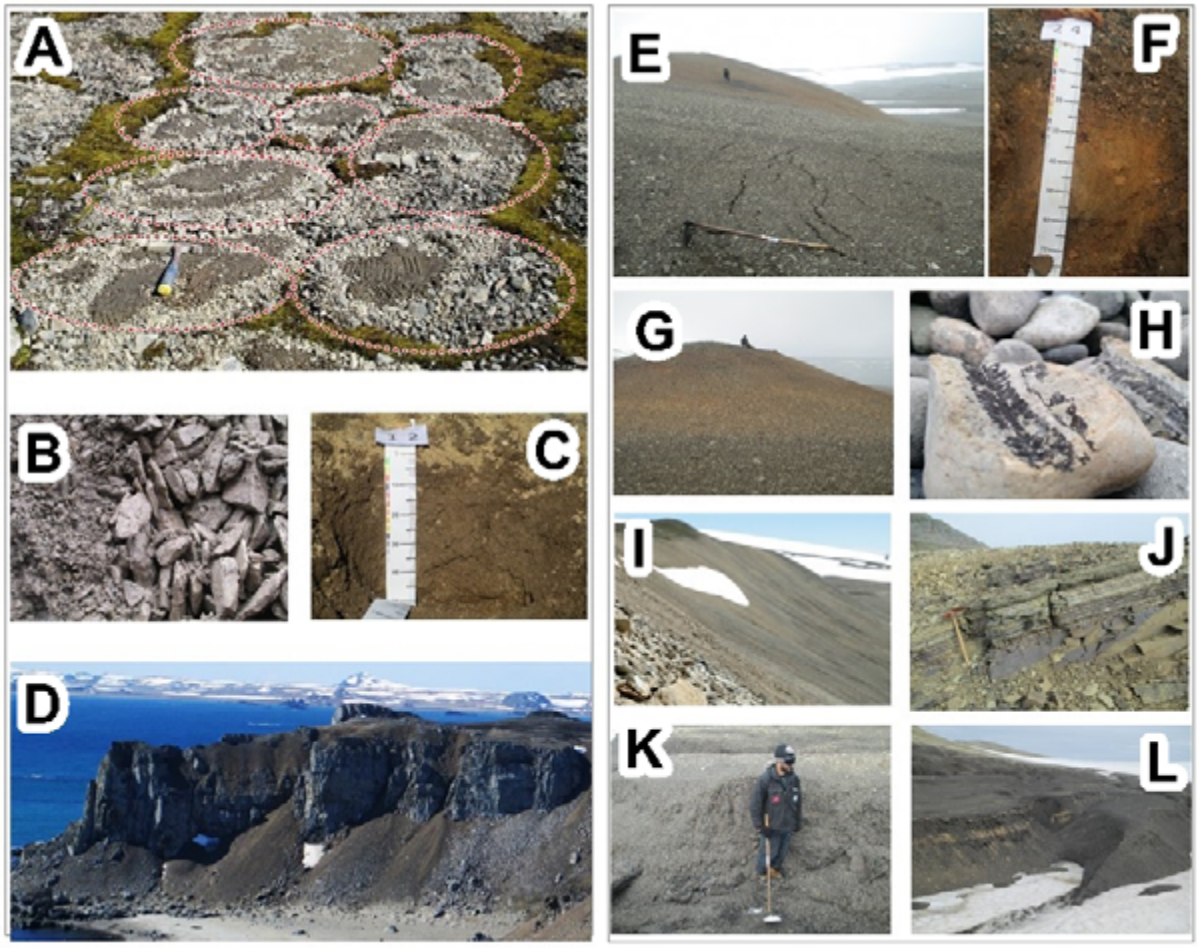


FIGURA 2: Geoformas associadas aos domínios vulcânico (A, B, C e D) e sedimentar (E, F, G, H, I, J, K, L) em ambiente periglacial.
A – patterned ground; B – Levantamento por congelamento (frost heaving); C – perfil de solo crioturbado, com derretimento da camada ativa acima do permafrost; D – platô vulcânico com cones de tálus e escarpas rochosas; E – solifluxão em ambiente sedimentar; F - perfil de solo com predominância de partículas finas (silte + argila); G – domínio sedimentar com ausência de cobertura vegetal; H – fósseis em rocha sedimentar; I – nicho de nivação em uma encosta de tálus; J – contato litológico sedimentar; K – ravina com 1,5 m de profundidade; L – ravinas associadas a canais de degelo.
Fonte: Arquivo dos autores.

O domínio sedimentar é caracterizado pela presença de rochas como arenitos, siltitos, lamitos e conglomerados (HATHWAY; LOMAS, 1998; SMELLIE et al., 1984), solos pouco desenvolvidos pedogeneticamente, pouco estruturados, ausência de cobertura vegetal, ausência de permafrost na seção de controle e predominância de solos ricos em partículas finas (silte + argila) (FIGURA 2.F). Registrou-se processos associados à ação do congelamento da água (frost action), ravinamento (> 50 cm) associado a canais de degelo, processos de nivação, solifluxão e gravitacionais (FIGURA 2). Identificou-se as seguintes geoformas: colinas dissecadas, encostas de tálus, lóbulos de solifluxão e nichos de nivação (TABELA 1).

O domínio costeiro é caracterizado pela presença de sedimentos holocênicos ricos em cascalhos e areias (LOPES et al. 2020), solos profundos, porém pouco desenvolvidos, estrutura em grãos simples e ausência de permafrost (FIGURA 3). Destaca-se algumas áreas singulares, colonizadas pela fauna (aves e mamíferos marinhos), onde encontram-se solos mais desenvolvidos, mais estruturados e com maior cobertura vegetal (FIGURA 3). Registrou-se processos associados à ação do congelamento da água (frost action), sulcamento (< 50 cm) associado a canais de degelo e processos agradacionais. Identificou-se terraços marinhos (em diferentes cotas altimétricos e diferenciados pela colonização vegetal), planícies costeiras, maciços costeiros e depósitos eólicos. (TABELA 1).

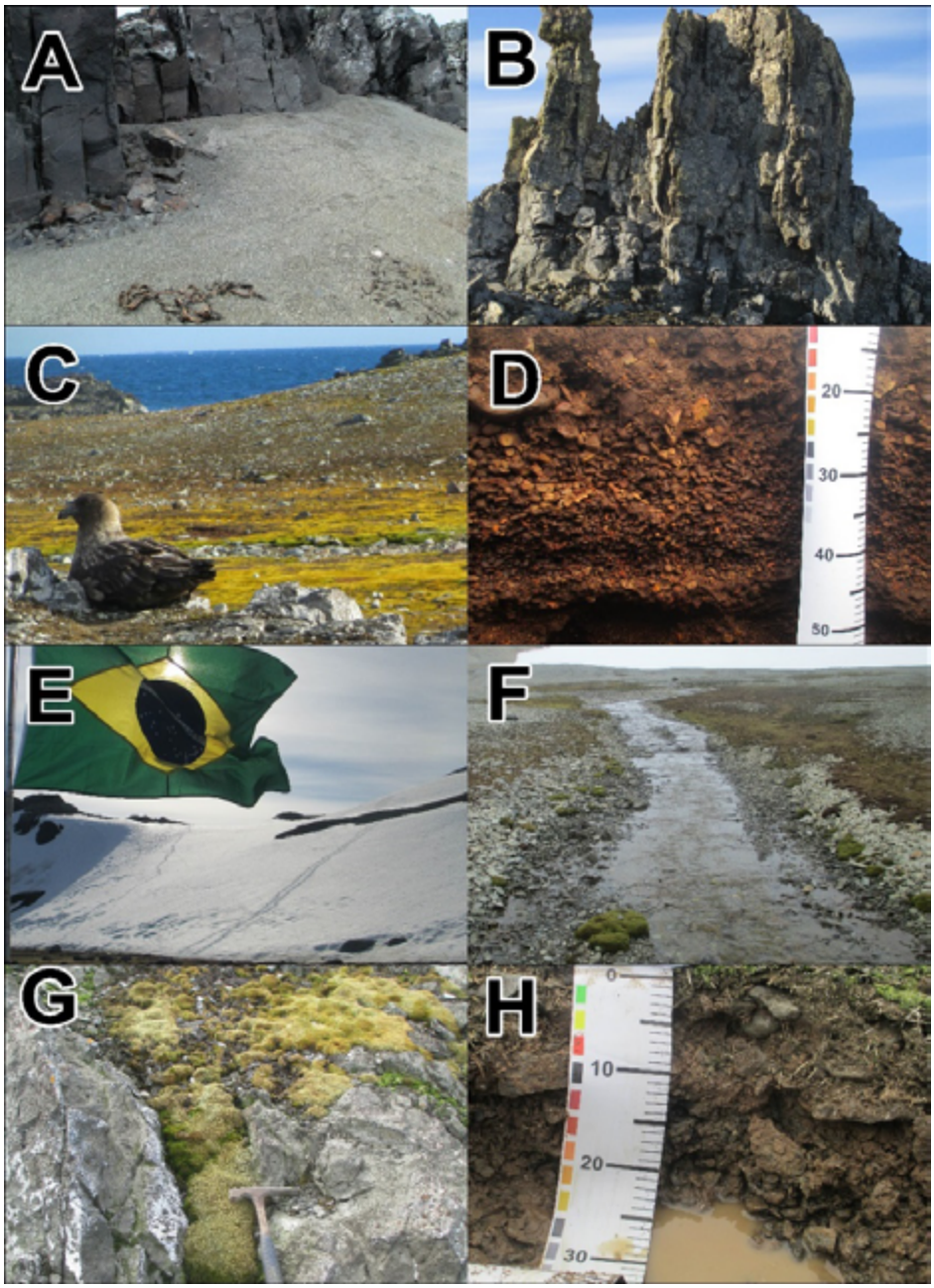


FIGURA 3: Geoformas associadas ao domínio costeiro em ambiente periglacial.
A – depósito eólico; B – maciço rochoso litorâneo fraturado; C – terraço marinho com cobertura vegetal (musgos e líquens); D – perfil de solo muito arenoso e cascalhento; E – nichos de nivação dos compartimentos superiores que oferecem água de degelo que promovem o sulcamento dos terraços marinhos; F – canal de degelo formando sulco nos terraços; G – maciço costeiro colonizado por aves marinhas, onde registrou-se processos de fosfatização e intemperismo químico mais significativo; H – perfil de solo em área com cobertura vegetal, em destaque afloramento hídrico na base.
Fonte: Arquivo dos autores.

4. Discussão

Processos geomorfológicos em ambientes periglaciais condicionam formas de relevo diversas, influenciadas pela presença de permafrost, processos de congelamento e descongelamento da água, dinâmica hidrológica em distintos materiais, processos gravitacionais, eólicos e costeiros, entre outros (BARSCH, 1993; FRENCH, 2007; LOPEZ-MARTÍNEZ et al., 2012; HALL, 2013; MACHADO et al., 2019; LOPES et al., 2020). As paisagens antárticas, uma vez expostas às condições atmosféricas pela retração das geleiras, passam por vários processos de alterações superficiais dependendo de uma série de fatores ligados as características e interação do clima, relevo, material de origem, atividade biológica e tempo de exposição (MICHEL et al., 2014). Nessa conjuntura, tem-se paisagens complexas, as quais devem ser analisadas não somente pela morfologia, mas, também pela interação entre os vários aspectos da geodiversidade, com influências de aspectos bióticos que podem promover importantes modificações nos ecossistemas terrestres (LOPES et al., 2020).

4.1 Processos, geoformas e controles litológicos em ambientes periglaciais

Em ambientes periglaciais, os processos de intemperismo físico (frost weathering) são ocasionados pelo aumento de volume da água ao congelar, naturalmente também estão condicionadas pelo controle estrutural (BARSCH, 1993). A gelifração (crioclastia) é o processo de intemperismo mais importante em regiões periglaciais (ANDRE, 2003; CAMPBELL e CLARIDGE, 1987; FRENCH, 2007). Na Antártica Marítima, registrou-se no domínio vulcânico, processos associados à ação do congelamento da água como gelifração (crioclastia), levantamento por congelamento (frost heaving), segregação por congelamento (frost sorting), crioturbação, sulcamento (< 50 cm) associado a canais de degelo, processos de nivação, solifluxão e gravitacionais (FIGURA 2).

No domínio vulcânico, os platôs com topos planos favorecem o maior desenvolvimento pedogenético, o que justifica a maior ocorrência de solos mais desenvolvidos (profundos e estruturados), os quais influenciam na maior retenção de água acarretando em geoformas singulares, como patterned ground (FIGURA 4). Na Antártica Marítima, os processos periglaciais estão vinculados a um gradiente altitudinal, são dominantes acima de 50 m de altitude (FIGURA 4), onde o patterned ground é a característica mais comum, relacionada com o permafrost, a dinâmica da camada ativa e os fenômenos de congelamento e descongelamento (MICHEL et al., 2014). Na Península Keller, Francelino et al. (2011) apresentaram que as superfícies de cimeira com topos planos resultam de uma superfície estrutural anterior, com maior abrangência espacial, sob proteção contínua de gelo com base fria, agora mais exposto, porém com baixas taxas de erosão devido à topografia plana e com coberturas superficiais mais permeáveis. Essas condições são muito contrastantes com as colinas dissecadas registradas no domínio sedimentar (TABELA 1).

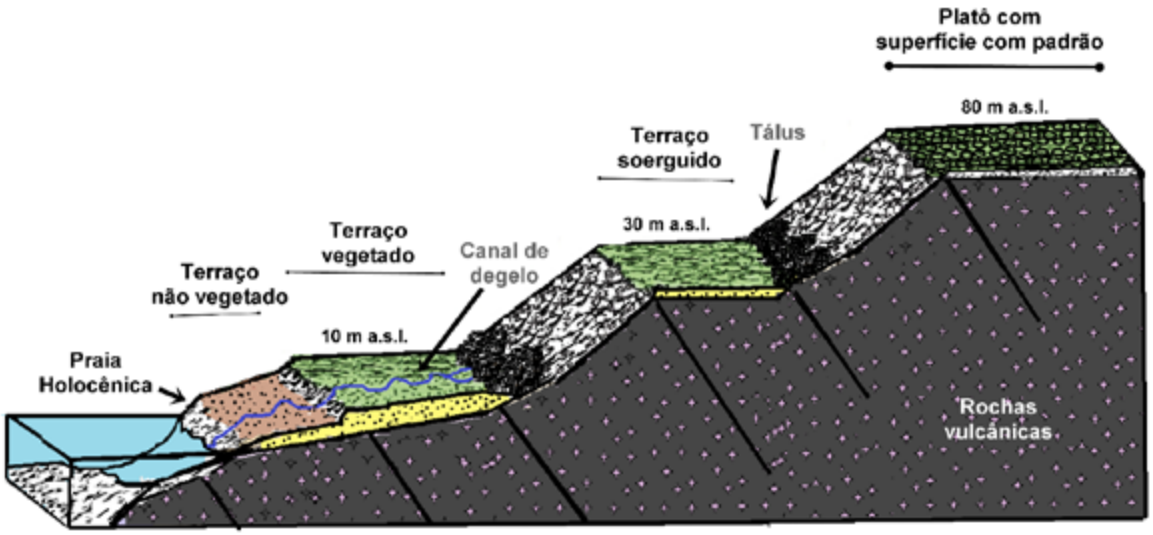


FIGURA 4: Representação de alguns compartimentos paisagísticos em ambiente periglacial da Antártica Marítima. Destaque para ocorrência de patterned ground nas superfícies de cimeira, cones de tálus, terraços marinhos, canais de degelo e praias holocênicos.
Fonte: Arquivo dos autores.

As colinas dissecadas não favorecem a retenção hídrica nos solos. Lopes et al. (2019) também registraram permafrost e processos associados em superfícies mais suave onduladas na Península Barton, Antártica Marítima. Os fluxos hídricos em ambientes periglaciais influenciam a camada ativa, no permafrost, nas coberturas superficiais congeladas e também nas rochas fraturadas abaixo do permafrost (BARSCH, 1993). Assim, tem-se o desenvolvimento de permafrost, a segregação por congelamento e a elevação da superfície por congelamento. A elevação da superfície por congelamento está associada ao fluxo hídrico por capilaridade e ao plano de resfriamento, acarretando na elevação da superfície (expansão do volume da água congelada) (BARSCH, 1993).

O permafrost funciona como uma barreira hídrica (camada relativamente impermeável) que influencia nos fluxos hídricos (CAMPBELL e CLARIDGE, 1987; LOPES et al., 2019), dessa forma, a camada sobrejacente se tornar uma zona de saturada que interfere nos movimentos de massas em áreas mais onduladas (BARSCH, 1993). A camada ativa, acima do permafrost, que descongela no verão é tida como a mais dinâmica em ambientes periglaciais em termos geomórficos, nela tem-se a ocorrência de vários processos como descongelamento, recongelamento, respostas térmicas, reações químicas, armazenamento e liberação de água (BARSCH, 1993).

No domínio vulcânico, ainda identificou-se maciços, cones de tálus, lóbulos de solifluxão, escarpas e nichos de nivação (TABELA 1), essas geoformas também foram registradas na Península Fildes por Michel et al. (2014). A nivação envolve um sistema de modelado do relevo que ainda carece de maior debate científico, o acúmulo da neve e sua movimentação acarreta em um tipo de transporte de massas, que engloba uma combinação de processos físicos (BARSCH, 1993). Os impactos da nivação são mais sentidos nos domínios sedimentares, onde identificou-se maiores registros dos movimentos de massas (TABELA 1).

A solifluxão (gelifluxão) está associada aos processos de movimentos de massas, porém é importante mencionar que estas dinâmicas não são restritas a áreas com permafrost (BARSCH, 1993). Esses processos podem ocorrer em áreas com solo congelado sazonalmente, sendo mais susceptíveis aos movimentos quando existe água líquida disponível, esses processos também são favore-

cidos em áreas ausentes de cobertura vegetal (BARSCH, 1993). Durante o verão Antártico, o derretimento dos nichos de nivação gera um aporte hídrico e tende a favorecer a solifluxão (FIGURA 2.I). Na Antártica Marítima, nos domínios sedimentares desprovidos de vegetação e com solos menos desenvolvidos (FIGURA 2.G), registrou-se maior ocorrência de solifluxão. Michel et al. (2014) também identificaram solifluxão como um processo comum na Península Fildes, dando origem a lóbulos de solifluxão e lóbulos de detritos em colinas dissecadas.

As paisagens dos domínios sedimentares da Antártica Marítima, encontram-se mais dissecadas, com presenças de ravinas associadas a canais de degelo (FIGURA 2.K). O solo menos estruturado, a ausência de cobertura vegetal e a predominância de partículas finas (silte + argila) (TABELA 1), fazem com que estas áreas sejam mais susceptíveis à ação dos processos erosivos. Nesse domínio, identificou-se colinas dissecadas, encostas de tálus, lóbulos de solifluxão e nichos de nivação (TABELA 1). A natureza do material rochoso, menos resistente aos processos intempéricos, promove a fragmentação mais acentuada, formando as amplas encostas de tálus (FIGURA 2.I). Na área de estudo, esses processos, naturalmente expõem toda a riqueza fossilífera pelas vertentes recobertas de tálus (FIGURA 2.H). Esses detritos nas encostas em ambientes periglaciais ficam sujeitos à ação do derretimento da neve a montante (FRANCELINO et al., 2011). Na área de estudo foram identificados modelados agradacionais nos terraços marinhos, associado com a dinâmica dos detritos das encostas.

4.2. Complexidade das paisagens costeiras em ambientes periglaciais

O domínio costeiro é caracterizado pela presença de sedimentos holocênicos ricos em cascalhos e areias, solos pouco desenvolvidos, estrutura em grãos simples e ausência de permafrost (TABELA 1; FIGURA 3). Essas condições tornam essas áreas susceptíveis aos processos erosivos. Alterações climáticas podem favorecer o derretimento de nichos de nivação e do permafrost de áreas a montante, consequentemente, pode-se promover avanços dos processos erosivos nos ecossistemas costeiros. Nesse domínio, identificou-se sulcamento (< 50 cm) associado a canais de degelo e ao material mais friável (FIGURA 4).

A natureza hidrogeoquímica das águas em áreas periglaciais da Antártica Marítima pode ser muito contrastante, algumas águas podem promover maior alteração química do substrato (ambientes com sulfurização ou fosfatização), formando paisagens singulares (MOURA et al., 2012; LOPES et al., 2021). Balks et al. (2013) através de uma análise envolvendo relações solo-paisagem, apontaram ambientes de exceção na Antártica, onde mesmo não possuindo plantas de grande porte, foram identificados processos de paludização (acúmulo orgânico), associado ao regime hidrológico marcado pela maior entrada de umidade com o derretimento de nichos de nivação, condições contrastantes com as superfícies do entorno (mais secas) não conectadas com as áreas mais úmidas.

Identificou-se terraços marinhos (em diferentes cotas altimétricos e diferenciados pela colonização vegetal) (FIGURA 4). Francelino et al. (2011) registraram três níveis de terraços marinhos soerguidos na Península de Keller, compostos essencialmente por cascalhos arredondados de diferentes tamanhos e litologias diversas. Análises geomorfológicas na Península Fildes, também sugerem indícios de soerguimento glacio-isostático na área com intensidades variadas nos diferentes blocos geológicos separados por falhas (MICHEL et al., 2014).

No domínio costeiro, também foram registradas planícies costeiras, maciços costeiros e depósitos eólicos (TABELA 1; FIGURA 3). Hall (2013) abordou sobre a importância geomórfica do vento na Antártica, promovendo tanto efeitos erosivos, quanto deposicionais. A cobertura vegetal exerce importância significativa nas paisagens, minimizando os efeitos dos processos eólicos.

Nos ecossistemas terrestres costeiros, destaca-se algumas áreas de exceção, colonizadas pela fauna (aves e mamíferos marinhos), onde encontram-se solos mais desenvolvidos, mais estruturados e com maior cobertura vegetal (FIGURA 3). Os terraços marinhos são os locais de nidificação preferidos de muitas aves antárticas, criando microambientes com características muito específicas, favoráveis para a colonização e diversificação das plantas (FRANCELINO et al., 2011; MOURA et al., 2012). Lopes et al. (2020) identificaram nos ecossistemas costeiros da Ilha Snow solos predominantemente arenosos, ácidos, e com distrofismo generalizado, entretanto coberturas contrastantes podem ser identificadas em ambientes colonizados pela fauna antártica, que promove melhorias ambientais, adubação natural e consequentemente condições para maior desenvolvimento vegetal (musgos e líquens). Dessa forma, tem-se condições que permitem o maior desenvolvimento pedogenético (solos mais estruturados) e minimização dos impactos erosivos.

Registrou-se processos associados à ação do congelamento da água (frost action) porém não identificou-se permafrost nas áreas costeiras (TABELA 1). López-Martínez et al. (2012) apresentaram que, na Antártica Marítima, o permafrost e fenômenos periglaciais são mais comuns em cotas superiores à 25 m de altitude. Michel et al. (2014) também abordaram que somente algumas feições periglaciais ocorrem entre 0 e 20 m de altitude. Sinais de crioclastia podem ser observados pela fragmentação do material rochoso (CAMPBELL e CLARIDGE, 1987), gerando reverberações também a nível mineralógico, como apresentado por Lopes et al. (2020).

5. Conclusões

A diversidade de formas de relevo da Antártica Marítima está relacionada à distintos processos geomorfológicos, entre estes destacam-se a crioclastia (gelifração) como processo generalizado, a nivação, o sulcamento e/ou ravinamento, e a solifluxão, principalmente no verão, quando as temperaturas mais elevadas favorecem o derretimento das coberturas congeladas.

Ambientes com presença de permafrost associado com processos relacionados a ação do gelo (frost action), como o levantamento por congelamento (frost heaving), a segregação por congelamento (frost sorting) e a crioturbação formam paisagens singulares com ocorrência de patterned ground. Essas superfícies podem apresentar morfologias diversas, relacionadas, principalmente, com o grau de inclinação do relevo. A sensibilidade térmica do permafrost, faz com que essas superfícies sejam áreas de relevante interesse de monitoramento ambiental, associado com alterações climáticas.

Em ambientes periglaciais os processos associados ao congelamento e descongelamento (frost action) exigem análises minuciosas das coberturas superficiais. A dinâmica hidrológica subsuperficial, o permafrost e a camada ativa, são os principais responsáveis pelo modelado do relevo nesses ambientes.

Domínios costeiros com colonização de aves e mamíferos marinhos, são tidos como ambientes de exceção, onde tem-se identificado solos mais estruturados (mais resistentes a ação erosiva), mais ricos em nutrientes e com maior intemperismo químico. Essas condições, associadas ao maior aporte de umidade favorecem a maior colonização vegetal, auxiliando na diferenciação dos vários tipos terraços marinhos.

São necessários mais estudos em ambientes periglaciais com uso de técnicas mais refinadas, como a micromorfologia e a mineralogia, para melhorar o entendimento sobre os processos geomorfológicos. Também são necessárias mais discussões sobre o controle litológico e pedológico sobre os processos e formas de relevo da Antártica Marítima.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Núcleo TERRANTAR, INCT da Criosfera, PPG em Geografia IGC/UFMG e ao financiamento da FAPEMIG, CAPES e CNPq. Agradecemos também os revisores e editores pelas sugestões e melhorias no trabalho.

Referências

BALKS, M.R. *et al.* Windows on Antarctic soil landscape relationships: comparison across selected regions of Antarctica. In: Hambrey, M.J., Barker, P.F., Barrett, P.J., Bowman, V., Davies, B., Smellie, J.L., Tranter, M. (Eds.), Antarctic Palaeoenvironments and Earth-Surface Processes, 381. **Geological Society**, Special Publications, London, pp. 397–410, 2013.

BARSCH, D. Periglacial geomorphology in the 21st century. **Geomorphology** 7, 141–163, 1993. https://doi.org/10.1016/0169-555X(93)90015-T.

BAÑÓN, M. *et al.* Regional weather survey on Byers Peninsula , Livingston Island , South Shetland Islands , Antarctica. **Antarctica. Antarct. Sci.**, v. 25, p. 146–156, 2013.

BURN, C. R. Periglacial landforms. Permafrost. Encyclopedia of Quaternary Science. Amsterdam: Elsevier, p. 2191–2199, 2007.

CAMPBELL, I. B.; CLARIDGE, G. G. C. **Antarctica: soils, weathering processes and environment**. p. 368pp, 1987.

FRANCELINO, M.R. *et al.* Geomorphology and soils distribution under paraglacial conditions in an ice-free area of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. **Catena** 85, 194–204., 2011.

FRENCH, H.M., **The Periglacial Enviroment**, 3rd ed. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2007.

HALL, K. Periglacial processes and landforms of the Antarctic: a review of recent studies and directions. Geological Society, London, Special Publications, 381(1), 429–453, 2013. doi:10.1144/SP381.16

HATHWAY, B.; LOMAS, S. A. The Upper Jurassic - Lower Cretaceous Byers Group , South Shetland Islands, Antarctica: revised stratigraphy and regional correlations. **Cretaceous Research**, p. 43–67, 1998.

LOPES, D. *et al.* Solos e Evolução da Paisagem em Ambiente Periglacial na Península Barton, Antártica Marítima. **Revista do Departamento de Geografia**, (spe), 259-267, 2017. https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.132721

LOPES, D. *et al.* Concretionary horizons, unusual pedogenetic processes and features of sulfate affected soils from Antarctica. **Geoderma** 347, p.13–24, 2019.

LOPES, D. *et al.* Ecossistemas costeiros da Ilha Snow, Antártica: física, química e mineralogia. **Arq. Ciên. Mar,** Fortaleza, 53 (Especial): 79 - 88, 2020.

LOPES, D. *et al.* Hydrogeochemistry and chemical weathering in a periglacial environment of Maritime Antarctica. **Catena** 197: 104959, p.1-9, 2021.

LOPEZ-MARTINEZ, J. *et al.* Periglacial processes and landforms in the South Shetland Islands (northern Antarctic Peninsula region). **Geomorphology**, v. 155–156, 2012. p. 62–79.

MACHADO, M.R. *et al.* Paisagens polares não glaciais (Proglacial, Paraglacial e Periglacial): Revisão de conceitos e contribuições da pesquisa pedogeomorfológica brasileira. **Rev. Bras. Geomorfol**. 20, 603–622, 2019.

MICHEL, R. F. M. *et al.* Soils and landforms from Fildes Peninsula and Ardley Island, Maritime Antarctica. **Geomorphology**, 225, p. 76–86, 2014.

MOURA, P. A. *et al.* Distribution and characterization of soils and landform relationships in Byers Peninsula, Livingston Island, Maritime Antarctica. Geomorphology, v. 155–156, p. 45–54, 2012.

SMELLIE, J. L. *et al.* **The geology of the South Shetland Islands. VI. Stratigraphy, geochemistry and evolutionBritish Antarctic Survey Scientific Reports**, 1984.

VAN GASSELT, S., REISS, D., THORPE, A. K. & NEUKUM, G. Seasonal variations of polygonal thermal contraction crack patterns in a south polar trough, Mars. **Journal of Geophysical Research**, 110, E08002, 15, 2005. doi:10.1029/2004JE002385.

CONDICIONANTES ESTRUTURAIS DA DRENAGEM NA CRATERA DE VARGEÃO (SC): APLICAÇÃO DE ÍNDICES GEOMORFOMÉTRICOS AO ESTUDO DOS SISTEMAS FLUVIAIS INFLUENCIADOS POR IMPACTO METEORÍTICO

Raiany Soares Ribeiro
Instituto Federal de São Paulo – IFSP
R. Pedro Vicente, 625 - Canindé, São Paulo – SP 01109-010
raysoarib@gmail.com
André Henrique Bezerra dos Santos
Instituto Federal de São Paulo – IFSP
R. Pedro Vicente, 625 - Canindé, São Paulo – SP 01109-010
andrehbsantos@ifsp.edu.br

Resumo

A presente pesquisa está baseada no estudo geomorfológico da Cratera de Vargeão, situada a Oeste do estado de Santa Catarina. Tem-se como considerações análises da evolução do relevo e da drenagem. Acrescenta-se também um breve estudo do principal rio que transcende a cratera

– Rio Chapecozinho, sendo possível extrair algumas anomalias, como descrita na bibliografia por knickpoints. Essas anomalias serão comparadas com a distribuição de estruturas geológicas, como fraturas, brechas, alinhamentos circulares e deformações na área estudada. Além disso, através das referências bibliográficas, sistemas de geoprocessamento, cartas topográficas, perfis longitudinais e dados obtidos, o trabalho caracteriza a formação estrutural de uma cratera de impacto levando em consideração sua rede de drenagem.

Palavras-chaves: cratera de impacto, rede de drenagem, Vargeão – SC.

1 . Introdução

Estruturas de impacto são feições geológicas produzidas por impacto de asteroide ou cometa contra uma superfície planetária, enquanto crateras de impacto correspondem às feições geomorfológicas crateriformes resultantes (GRIEVE, 1993). É notória a carência de estudos sobre crateras de impacto sob o ponto de vista da Geomorfologia, embora seu estudo possa trazer dados importantes sobre as condições do impacto e sobre o desenvolvimento posterior do relevo por processos tectônicos, denudacionais e sedimentares. Neste trabalho, apresenta-se um estudo geomorfológico da Cratera de Vargeão, situada na região Oeste do estado de Santa Catarina. Por meio de análises bibliográficas, geoprocessamento e análise de cartas topográficas e de imagens de satélites, o trabalho caracteriza os condicionantes estruturais para a formação da drenagem sob influência de uma estrutura de impacto. Dito isso, acrescenta-se também uma análise prévia da rede de drenagem e os seus padrões estabelecidos (radiais e concêntricos) e algumas possíveis anomalias, como por exemplo *knickpoints*. Essas possíveis anomalias serão comparadas com a distribuição de estruturas geológicas, como fraturas, brechas, alinhamentos circulares e deformações causadas nas rochas alvos durante o evento de impacto (French, 1998). Pode-se dizer que a pesquisa se faz necessário para melhor compreensão desse olhar geomorfológico, com isso, há uma relevante contribuição científica para futuros assuntos correlacionados sobre esta cratera e demais.

2 . Metodologia

Pode-se dizer que para a realização dessa pesquisa foi necessário atribuir análises de dados morfométricos para a maior qualificação da área estudada. Além disso, contou-se como relevância a construção de um perfil longitudinal do rio que transcorre a cratera, levando em consideração as análises obtidas através dos Índice RDE – Relação de Declividade-Extensão (ETCHEBEHERE et al., 2005) e o Índice de Concavidade (ANTÓN et al., 2012). O perfil longitudinal foi extraído dos dados hipsométricos da carta 26_54 disponibilizada pelo site TOPODATA. Para a extração da drenagem foi utilizado o *software* de geoprocessamento QGIS 2.18 juntamente com o aplicativo TauDEM. Através do levantamento dos dados morfométricos foi possível correlacionar a caracterização de anomalias de drenagem propostas por Small (1972), Bishop (1995) e Twidale (2004), tais como *knickpoints*, cotovelos, variações abruptas nas larguras e nas profundidades dos vales, colos e gargantas. Esses levantamentos puderam ser atribuídos à estrutura de impacto, indicando distinções litológicas ou impulsos tectônicos posteriores à formação da cratera.

3 . Formação de Crateras de Impacto

Os estudos que envolvem a compreensão das estruturas de impacto na superfície da Terra se intensificaram a partir das análises comparativas de crateras extraterrestres, tais como as da Lua e Marte (FRENCH, 1998). Com base nisso, pesquisas de teores geológicos e geofísicos expandiram-se para o melhor entendimento do evento de impacto que acercam desde a formação, caracterização e até as consequências causadas no local atingido. Para a presente pesquisa se fez necessário abranger algumas definições da formação de crateras.

Em poucas palavras, as crateras de impacto se formam a partir do momento em que um projétil (meteoro, meteorito, cometa ou asteroide) entra em contato com uma superfície sólida, gerando assim uma estrutura muitas vezes circular. O evento envolve processos complexo, pois eles dependem da hipervelocidade e tamanho do projétil. Com isso há intensas consequências de estresse que ambas combinações causam nas rochas alvos, caracterizando assim três estágios de formação (contato/compressão, escavação e modificação).

O estresse citado acima é chamado de ondas de choque ou efeitos de choque, depende da literatura. Elas estão associadas às deformações e metamorfismos anormais (FRENCH, 1998) encontrados nas rochas de crateras (plásticas e elásticas). As rochas expostas a esses eventos recebem altas pressões desde o primeiro momento e por isso sofrem intensos graus de metamorfismo, sendo os mais altos produzidos pelo próprio impacto e os mais baixos semelhantes aos processos geológicos normais (FRENCH & KOERBEL, 2010). Essa distinção entre os efeitos metamórficos está interligada ao distanciamento do ponto de contato e a zona de circunferência que abrange todo o evento, pois a propagação de onda acaba perdendo intensidade ao longo do terreno atingido.

Dito isso, tem-se o primeiro estágio: contato e compressão. Esse primeiro estágio representa o momento exato onde o projétil atinge a superfície terrestre (rocha alvo) produzindo ondas de choque. O objeto logo sofre desaceleração pela superfície, porém com a intensidade da hipervelocidade e as ondas de choque, logo ocorre uma escavação de um poço preliminar gerando a expansão do seu desenvolvimento. Durante o primeiro contato há a destruição total do projétil.

A segunda etapa de formação é a escavação, essa sucede o primeiro estágio. Após o momento de contato e a propagação das ondas de choques, há a construção rapidamente de uma cratera transitória – descrita como instável, pois logo é afetada por um colapso. Pode-se dizer que as ondas de choques e o efeito de escavação são acompanhadas por diversas fraturas e estilhaços, levando as rochas para fora em alta velocidade e as mesmas voltando para o alvo atingido (FRENCH, 1998). Nesse fenômeno, os materiais envolvidos caracterizam a escavação e a construção de uma depressão em forma de bacia, juntamente com as cristas da cratera.

A terceira e última etapa representa o estágio de modificação. Após o término dos estágios de contato e escavação, a modificação entra em ação com os efeitos mecânicos das rochas e a ação da gravidade. Em poucas palavras, as cristas íngremes formadas na cratera transitória entram em colapso através dos efeitos citados há pouco. Porém, há uma pequena distinção sobre essa etapa e o tamanho físico da cratera, por causa disso encontram-se duas caracterizações sobre as estruturas: crateras simples e crateras complexas.

Na cratera de impacto simples tem-se como predomínio uma morfologia menor. Em sua formação, a cratera transitória interna é preservada e preenchida por sedimentos do estágio de modificação, tendo como estrutura o formato de uma "tigela". Já na cratera complexa, tem-se como predomínio uma morfologia maior, caracterizada por uma extensa bacia plana com uma região elevada ao centro. Os impactos que formam crateras complexas são extremamente grandes, gerando intensas deformações incertas. Outras três morfologias complexas são consideradas: estrutura de pico-centro, estrutura de bacia picocentro e estrutura de bacia seguida de picos e anéis concêntricos (FRENCH, 1998). É valido ressaltar que após a formação da cratera, a estrutura fica sujeita aos processos que podem preservar ou destruir sua morfologia, tais são os denudacionais, sedimentares, tectônicos e também a possível formação de lagos na depressão. De todo o modo, o seu reconhecimento acerca analises cuidadosas sobre os efeitos de choque nas rochas afetadas.

4 . Área de estudo

A cratera de impacto estudada está localizada no município de Vargeão, em Santa Catarina. A estrutura recebeu bastante atenção nas pesquisas científicas a partir de 1970, as quais atestaram sua origem por impacto pelo reconhecimento de feições diagnósticas de metamorfismo de choque, como fraturas planares (PFs), feições de deformação planar (PDFs) e "*shatter cones*", tanto em arenitos como em basaltos (DI MARTINO et al., 2019).

A estrutura de Vargeão tem aproximadamente 12 km de diâmetro – medida extraída da ferramenta régua no Google Earth e confirmada na literatura. Geologicamente, está situada em meio aos derrames basálticos da formação Serra Geral na região Sul da Bacia do Paraná, porém o que chama atenção dos pesquisadores é a presença de arenito das formações Pirambóia e Botucatu, regionalmente localizado a centenas de metros abaixo dos basaltos, mas localmente observado em superfície em decorrência do fenômeno de caterização na estrutura de Vargeão (CROSTA et al., 2018).

Sua morfologia é reconhecida como de cratera complexa, acompanhada por um pico de elevação central na depressão plana. Além disso, observam-se anéis concêntricos ao longo da estrutura circular. Pode-se acrescentar a identificação de diversas fraturas, falhas e deformações em campo (CROSTA et al., 2018). Desde a sua formação, que ocorreu há no máximo 70 milhões de anos (DI MARTINO et al., 2019), a cratera tem sido modificada por processos denudacionais, dificultando a preservação de sua morfologia.

Por meio de imagens de satélites e de Modelos Digitais de Elevação (MDE) extraídos da SRTM, foi possível aprimorar o estudo de forma quantitativa sobre a estrutura e o seu entorno, incluindo formas de relevo e da rede de drenagem.

5 . Processos posteriores à formação da cratera: drenagem

São diversos os processos posteriores à formação de crateras de impacto, pode- se citar os tectônicos, sedimentares, magmáticos e denudacionais, o último caracterizado pelos agentes erosivos e intempéries da natureza. Com enfoque maior nos processos denudacionais, uma intensa erosão é propiciada pelos rios na superfície terrestre. Eles são agentes modificadores da estrutura da Terra, dominando deformações especialmente a pequena e média escala (TWIDALE, 2004).

Os rios além de serem agentes erosivos, também tendem a seguir um certo padrão delimitado pelo terreno através de dois fatores essenciais: a natureza da superfície e a estrutura geológica, tais como dobras, falhas, articulações, ângulos de mergulho e litologia. (SMALL, 1972). A textura do terreno determina a forma e densidade dos fluxos, com o intuito de estruturar esse padrão. É notório a percepção de alguns padrões de drenagem em estruturas por via de análises qualitativas e quantitativas do relevo.

Estruturas anelares com domos a região central pendem a delimitar os padrões radiais e concêntricas (em decorrência dos anéis). A cratera de Vargeão segue a mesma característica, acrescentando possíveis encaixes às zonas extremamente falhadas e as ações erosivas pelas distinções litológicas. Os principais cursos fluviais que cercam a estrutura são os rios Chapecó e Chapecozinho (observados através de imagens de satélite).

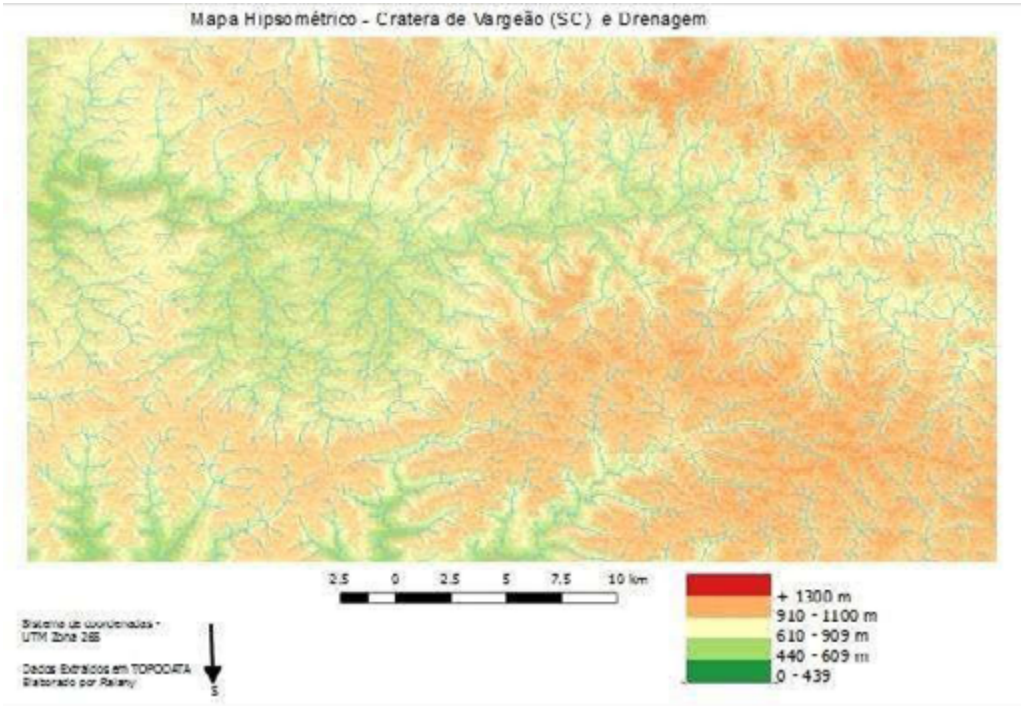


Figura 1: Mapa Hipsométrico – Cratera de Vargeão (SC) e drenagem.
Fonte: Arquivo dos autores.

6 . Resultados e Discussões

Essa etapa da pesquisa leva em consideração a junção dos dados morfométricos obtidos. Nela haverá também a comparação entre o terreno estudado ao principal fluxo de drenagem. Com isso, possivelmente se chegará ao contexto da influência dos rios na cratera de Vargeão.

Como já citado, os dados quantitativos extraídos do mapa hipsométrico da área estudada apresentam uma considerável variação. Ao longo do terreno delimitado no mapa, as altitudes variam de 290 m a 1390 m, com menores níveis a Sul e a Oeste (representada em tons esverdeados) e maiores níveis a Leste e a Norte (representada em tons alaranjados e avermelhados). Na área compreendida pela estrutura de impacto, as altitudes variam de 765 m a 960 m, com desníveis de 150 m a 200 m em sua borda. É notória a observação de maior elevação nas bordas da cratera quando comparada à sua área de depressão.

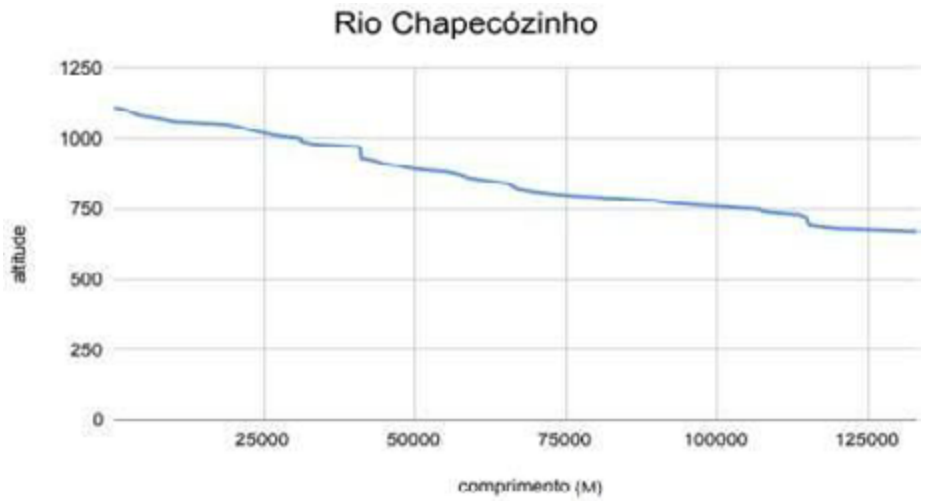


Figura 2: Perfil Longitudinal do Rio Chapecozinho de 4ª ordem ou maior.
Fonte: arquivo dos autores.

A cratera de Vargeão é atravessada pelo rio Chapecozinho, um afluente do rio Chapecó, pertencendo ao conjunto da bacia hidrográfica do Uruguai, que ingressa na cratera a Leste e retira-se dela a Oeste. Em campo, é notória a presença de uma corredeira coincidente com o ingresso do rio na estrutura de impacto, o que sugere influência de litologias mais resistentes expostas na periferia da cratera.



Figura 3: Vista panorâmica das corredeiras do Rio Chapecozinho, Vargeão-SC.
Fonte: Arquivo dos autores.

Também é notória a formação de um cânion pelo Rio Chapecozinho a jusante da cratera, sugerindo novamente controle litológico.



Figura 4: Vista panorâmica do Canyon no Rio Chapecozinho, Vargeão - SC. Fonte: Arquivo dos autores.

Através da utilização do aplicativo TauDEM no software de geoprocessamento Qgis, foi possível reconstruir as linhas de drenagem e extrair sua hierarquização. O Rio Chapecozinho se caracteriza como um rio de 4ª ordem na entrada da cratera de Vargeão.

A construção do perfil longitudinal determina uma análise gráfica entre a altitude e comprimento. Através dele há a percepção de possíveis anomalias de drenagem, definidas por knickpoints. Com a observação dos resultados, pode-se perceber variações ao longo do percurso do rio. É válido ressaltar a relevância das distintas altitudes presente no terreno onde o rio percorre. De acordo com os dados utilizados, o local onde encontra-se a nascente do Chepecozinho possui em média 1110 m de elevação.

Pode-se dizer que a primeira variação presente no perfil longitudinal, mesmo descrita como suave, já define que o rio se distingue de um perfil em equilíbrio. Ela ocorre na altitude aproximada dos 1000 m. A segunda variação se assemelha intensamente com a primeira, tendo diferença na elevação do terreno, aproximando-se em média de 750 m. É notória a predominância das altitudes onde ocorre a segunda variação, pois coincide com as elevações das bordas da cratera, sendo observado previamente no mapa hipsométrico (variações entre 765 m à 960). Dito isso, tem-se a formação de um *knickpoint* na entrada do rio à cratera de impacto.

A partir da elaboração do perfil longitudinal do rio Chapecozinho, foi possível destacar características essenciais para a realização das análises. O primeiro índice coletado chama-se **Índice de Concavidade (IC)**. Esse índice buscar caracterizar rios que se assemelham aos perfis convexos ou côncavos, com base no cálculo da área do perfil comparado a um triangulo retângulo. Desse modo, o rio Chapecozinho se aproximou de um perfil côncavo, pois obteve resultado de cunho positivo 0,82.

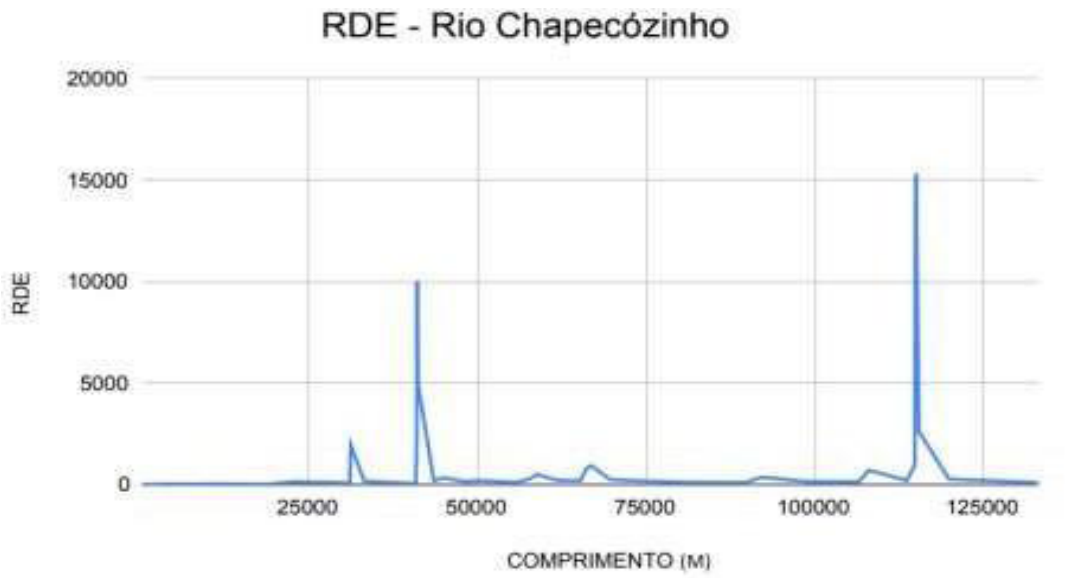


Figura 5: Gráfico de RDE Rio Chapecozinho.
Fonte: arquivo dos autores.

O segundo índice elaborado através da construção do perfil longitudinal é o Índice SL ou Índice RDE (Relação: Declividade – Extensão). Pode-se dizer que a identificação desse índice é realizada através de cálculos com a ferramenta do Excel, demonstrando gráficos que mostram a relação entre a declividade e a extensão do rio. Desse modo, é notória a percepção dos picos de declividades abruptas ou não do perfil longitudinal. Além disso, os dados obtidos pelo RDE demonstram a localização exata de onde o rio sofreu anomalias ao longo do seu percurso, provendo uma melhor identificação da dinâmica fluvial.

7 . Considerações Finais

A pesquisa em questão que buscou analisar o desenvolvimento do relevo e da drenagem na Cratera de Vargeão e entorno, demonstra a seguinte conclusão prévia: A cratera de impacto sofreu e continua sofrendo com os processos posteriores à sua formação. É levado em consideração o principal fenômeno que acerca a deformação da cratera. Nesse viés, cita-se os processos denudacionais, porém, podem surgir outros fenômenos, tais como o tectonismo.

Tendo como principal relevância os processos denudacionais, tem-se como maior exemplo a ação da drenagem. Os rios recortam o terreno a agem de forma intensa sobre a erosão e intemperismo das rochas. O rio analisado é um potente curso, sendo de 4ª ordem, determina tamanho espaço com seus afluentes sobre a cratera.

O perfil longitudinal e os dados obtidos demonstraram que o rio Chapecozinho detém algumas anomalias desde a nascente até o seu percurso posterior a cratera. O interessante na morfologia do terreno, onde há o encaixe do rio, é a presença de um canyon a Oeste da cratera. Com isso já percebe-se a intensidade erosiva desse curso fluvial.

O que pode ser levado em consideração prévia para justificar a anomalia da drenagem e a ação erosiva presente na área de estudo é a distinção litológica do terreno. As rochas de arenito e basalto comportam-se de maneira diferente à ação erosiva, sendo considerado como rocha mole a primeira. Porém, é de extrema relevância levar em consideração as fraturas e zonas de brechas provocadas pela perturbação do impacto. Elas podem criar grandes influencias na distribuição

da drenagem, podendo sofrer com uma maior ação denudacional. Além disso, deve-se ter como opção as ações tectônicas.

O estudo realizado é apenas uma previa de um assunto ainda pouco estudado pela geomorfologia. É necessário dar continuidade nas análises e dados obtidos, descrever outros rios, discutir e avaliar as possíveis causas das anomalias, ir a campo e colher amostras.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao IFSP – Instituto Federal de São Paulo pela bolsa de estudo concedida para a realização dessa pesquisa; agradeço as minhas colegas Sara Brunella Ribeiro e Gabriella Valério Chabaribery por inúmeros apoios e conselhos ao longo do estudo; agradeço a minha família pelo apoio mediante a caminhada da vida.

Referências Bibliográficas

ANTÓN *et al.*, 2012 - ANTÓN, L., RODÉS, A., DE VICENTE, G., PALLÀS, R., GARCIA- CASTELLANOS, D., STUART, F.M., BRAUCHER, R., BOURLÈS, D. **Quantification of**

fluvial incision in the Duero Basin (NW Iberia) from longitudinal profile analysis and terrestrial cosmogenic nuclide concentrations. Geomorphology, v. 165–166, p. 50–61. 2012.

BISHOP, P. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion.

Progress in Physical Geography, v. 19, p. 449-473, 1995.

CRÓSTA, A.P.; REIMOLD, W. U.; VASCONCELOS, M. A. R.; HAUSERB, N.;

OLIVEIRA, G. J. G.; MAZIVEIRO, M. V.; GOÉSE, A. M. Impact cratering: The South American record – Part 1. **Chemie der Erde**, v. 1, p. 1-61, 2018.

Di Martino, M.; Coletta, A.; Battagliere, M.; Virelli, M.. Vargeão Dome, Brazil. In.: Flamini, Enrico; Di Martino *et al.*, (Eds.). Encyclopedic **Atlas of Terrestrial Impact Craters**. Basileia: Springer, 2019.

ETCHEBEHERE *et al.*, 2004. ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; PERINOTTO, J.

A. J.; FULFARO, V. J. **Aplicação do Índice "Relação Declividade-Extensão - RDE" na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas**. Revista do Instituto de Geociências - USP - Série Científica, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 43- 56. 2004

FRENCH, B. M. **Traces of Catastrophe**: A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures. LPI Contribution No. 954, Lunar and Planetary Institute, Houston, 1998, 120 pp.

FRENCH, B. M; KOEBERL, C. The convincing indentification of terrestrial meteorite impact structures: What works, what doesn't, and why. **Earth-Science Reviews**. v. 98. 1-2, p. 123-170, 2010.

SMALL, R. J. **The Study of Landforms**: a Textbook of Geomorphology. Cambridge: Cambridge, University Press, 1972.

TOPODATA – Banco de Dados Morfométricos do Brasil – Disponível em: Acesso em 25 de maio de 2020.

TWIDALE, C. R. River patterns and theirmeaning. **Earth-Science Reviews**, v. 67, p. 159-218, 2004.

CONFLITO DO USO E COBERTURA DO SOLO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP'S) NO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL – RS

Denise Berwanger
Universidade Federal de Santa Maria
Rua/Av. Av. Roraima, 1000 – Campus da UFSM, CEU II, Apto 3033 – Santa Maria, RS - CEP:97105-900
E-mail: denise24ber@gmail.com
Romário Trentin
Universidade Federal de Santa Maria
Rua Professora Teresinha Lopes Aquistapasse, 05, Bairro Camobi – Santa Maria, RS - CEP:97110-842
E-mail: romario.trentin@gmail.com

Resumo

Desencadeado pelo crescimento demográfico, por padrões de consumo e pela acelerada expansão das fronteiras agrícolas, ocorrem constantes modificações no uso do solo e um considerável aumento da exploração dos recursos naturais para atender as necessidades do ser humano, ocasionando assim, a degradação das Áreas de Preservação Permanente e dando origem aos conflitos de usos nessas áreas. O presente trabalho, tem como objetivo analisar, a partir das ferramentas de geoprocessamento, os conflitos de uso do solo nas áreas de preservação permanente associadas aos cursos d' água e nascentes do município de São Gabriel/RS, visando assim, prestar apoio às ações de monitoramento nas APP's, bem como prevenir impactos futuros. Comprovou-se, que os conflitos de uso nas Áreas de Preservação Permanente são evidentes, onde a expansão da agricultura se encontra em ascendência, o que demonstra que essas áreas estão sendo irregularmente desmatadas e vai de encontro ao que preconiza a legislação ambiental brasileira

Palavras-chave: geotecnologias; conflito do uso do solo; áreas de preservação permanente.

1. Introdução

Desencadeado pelo crescimento demográfico, por padrões de consumo e pela acelerada expansão das fronteiras agrícolas, ocorrem constantes modificações no uso do solo e um considerável aumento da exploração dos recursos naturais para atender as necessidades do ser humano. A partir da interação entre sociedade/natureza, compreender a dinâmica que envolve o ambiente natural vem se tornando cada vez mais importante, a fim de estabelecer medidas que diminuam os impactos causados e criar possibilidades de utilização dos recursos naturais de forma mais equilibrada.

As áreas que têm como função principal manter o equilíbrio do ecossistema, que ficam localizadas na beira dos rios, nascentes, lagoas, topos de morros, encostas, montanhas e serras são as chamadas Áreas de Preservação Permanente (APP's). As APP's estão sendo degradadas com a intensificação das ações antrópicas sobre o meio ambiente, que ocorre devido a substituição das paisagens originais por outros usos e ocupações da terra, o que dá origem aos conflitos de uso nessas áreas (MOREIRA et al., 2015). Assim, os conflitos de uso da terra ocorrem quando há a implementação de novas formas de uso do solo em locais em que não há aptidão para determinadas atividades, como a exemplo a agropecuária, causando assim prejuízos ao ambiente (Kreitlow et al., 2016).

As Áreas de Preservação Permanente, são definidas no código florestal (Lei 12.651/2012) como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, que possuem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, o solo, a biodiversidade e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Diversos são os impactos causados pela mudança de uso da terra em APP's, tais como alterações no balanço de água, erosão, assoreamento dos corpos hídricos, modificações no sistema ecológico e na qualidade da água, alterações no microclima e mudanças nos níveis de umidade do solo (OLIVEIRA et al., 2008; PINTO et al., 2005).

As ferramentas de geoprocessamento são imprescindíveis nos estudos envolvendo a análise do uso e ocupação do solo nas APP's, pois a partir da sobreposição de diversas informações espaciais, permite obter um diagnóstico dos conflitos de uso e da situação das APP's de acordo com a legislação ambiental vigente (CARDOSO e AQUINO, 2013; JUNIOR et al., 2010).

Nos últimos anos, os investimentos e a utilização do sensoriamento remoto vem sendo amplamente empregado não somente no Brasil, mas no mundo todo, aplicado notadamente ao monitoramento ambiental, principalmente a partir da utilização das imagens de satélite em análises multitemporais de uso e cobertura do solo e sua relação com a qualidade ambiental em bacias hidrográficas (BAKER e MILLER, 2013; ALEXAKIS et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2018).

Assim, o objetivo deste trabalho é analisar, a partir das ferramentas de geoprocessamento, os conflitos de uso do solo nas áreas de preservação permanente associadas aos cursos d' água e nascentes do município de São Gabriel/RS, visando assim, prestar apoio às ações de monitoramento nas APP's, bem como prevenir impactos futuros.

2. Caracterização da Área de Estudo

O município de São Gabriel/RS está situado na metade sul, na fronteira-oeste do estado do Rio Grande do Sul, nas margens da BR 290 (Figura 1), entre as seguintes coordenadas geográficas: 30° 20' 38'' S, 54° 20' 31'' O. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), o município possui 5.053,460 km² e integra 60.425 habitantes. A população estimada para 2020 é de 62.147 habitantes.

Situado num corredor de importação e exportação, o município de São Gabriel/RS é considerado uma importante rota de integração com o Mercosul, visto que está posicionado estrategicamente em relação as principais cidades do Mercosul: no Brasil, está a 320 quilômetros de Porto Alegre, 290 quilômetros de Rio Grande (porto internacional oceânico), 300 quilômetros de Uruguaiana (porto seco internacional) e Argentina, e 170 quilômetros de Livramento/Uruguai (Capital Federal e porto). (Prefeitura Municipal de São Gabriel, 2021)

A base econômica do município está ligada ao setor primário vinculado à agropecuária, predominando a produção de arroz, soja e gado de corte (possuindo o quarto maior rebanho bovino do estado). A ovinocultura da região é uma das mais representativas do estado, com produção de carnes de cordeiro e lã. Recentes iniciativas voltadas para a diversificação de culturas agrícolas estão sendo feitos com a piscicultura e a apicultura. A apicultura pode ser destacada pela produção representativa e a penetração no mercado de exportação. (Prefeitura municipal de São Gabriel, 2021)

De acordo com Arruda (2011) o município de São Gabriel/RS está inserido em duas regiões geomorfológicas, a saber, a Depressão Central e Escudo Sul-rio-grandense, vinculado à Microrregião Campanha Central, abrangendo parte das planícies dos Rios Vacacaí, Santa Maria e Cacequí. A região apresenta paisagens típicas da fronteira gaúcha, onde o uso pecuário se mescla com orizicultura em campos com várzeas.

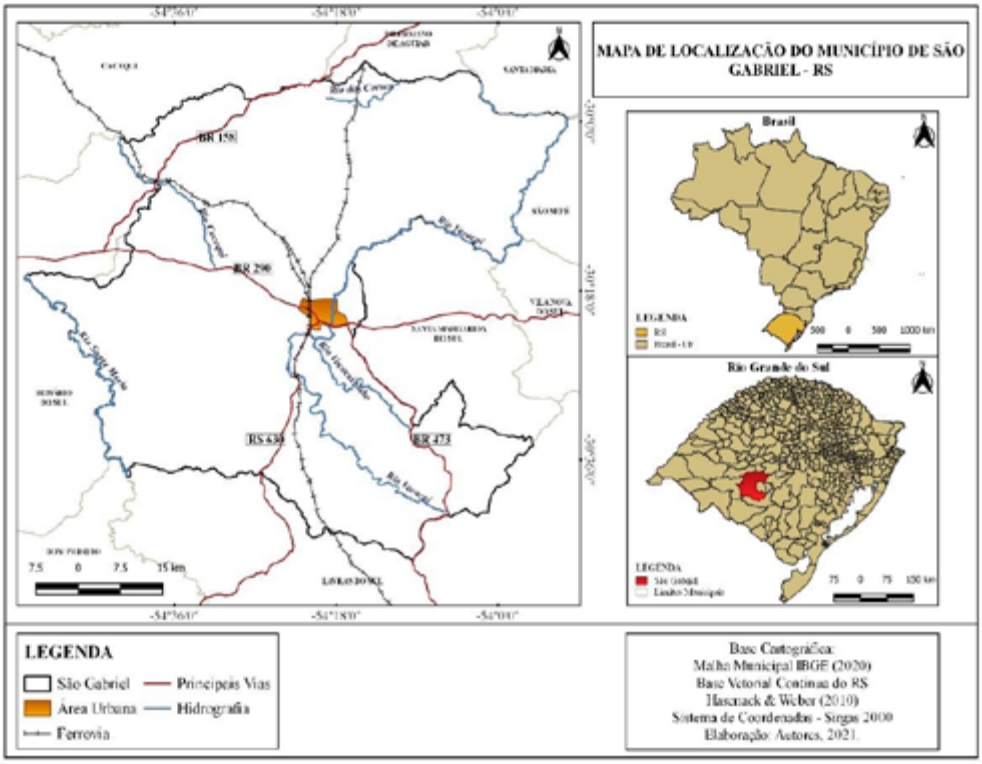


FIGURA 1: Mapa de localização da área de estudo
Fonte: Autores.

3. Metodologia

Para a realização do estudo, inicialmente foi obtida a base de dados para a construção dos mapas. O mapeamento do uso e cobertura do solo, foi realizado para identificar as classes de uso que estão presentes na área, visando posteriormente identificar as atividades que estão conflitando com os limites que deveriam estar mantidos preservados, de acordo com a legislação ambiental.

Para o mapeamento do uso e cobertura do solo, foram selecionadas duas imagens, de 2009 e 2019, da plataforma do MapBiomas, onde foi obtido em formato raster as imagens de cada ano para todo o bioma Pampa. Com a utilização do software livre de geoprocessamento QGIS versão 3.10 – A Coruña, foram extraídos dos dados obtidos da iniciativa MapBiomas, e recortado com base na área de estudo. A definição das classes se deu conforme apresentadas na iniciativa Mapbiomas e agrupadas em classes de interesse, a fim de simplificar a representação. Após, os arquivos foram convertidos para formato vetorial.

O MapBiomas – Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil é uma iniciativa interinstitucional lançada em 2015 que objetiva efetuar o mapeamento anual de uso e cobertura do solo em todo o território brasileiro, com dados disponíveis a partir do ano de 1985. Os mapeamentos realizados pela iniciativa MapBiomas são elaborados a partir de imagens de satélite, com resolução espacial máxima de 30 metros, permitindo uma análise detalhada das classes de uso e cobertura do solo que envolvem, por exemplo, a vegetação natural (dividida em formações florestais, savânicas, campestres, entre outras), as coberturas de uso agropecuário (pastagem, cultura anual, cultura semi-perene, agricultura, mosaico de agricultura e pastagem), e as coberturas para o uso urbano ou de infraestrutura (infraestrutura urbana, áreas com solo exposto, mineração, entre outros) (MAPBIOMAS, 2020).

Foram definidas as Áreas de Preservação Permanente do entorno dos cursos d'água e nascentes, levando-se em consideração a distância mínima que deve ser destinada à APP, conforme previsto no código florestal. Para as nascentes, a legislação prevê que, qualquer que seja sua situação topográfica, deve-se ter um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de APP (BRASIL, 2012), já as florestas e demais formas de vegetação natural situadas a faixa marginal dos cursos hídricos, devem ter um raio de 30 (trinta) metros.

A delimitação de APP´s nos cursos hídricos e de nascentes foi realizado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 30 metros, da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), obtido no site da USGS. O processo de extração, se deu através da ferramenta do SAGA Gis, vinculado ao QGIS. Primeiramente se fez a correção do MDE, com a ferramenta, Fill Sinks e para a extração da rede de drenagem e nascentes, utilizou-se a ferramenta Channel Network and drainage basins.

O conflito do uso do solo foi obtido através da sobreposição das APP's com o mapa de uso e ocupação do solo. As ferramentas de intersecção e recorte do QGIS, permitiram espacializar as áreas conflituosas e quantificar as mesmas.

4. Resultados e discussões

4.1 Mapeamento do uso do solo

Através do mapeamento de uso e cobertura do solo foi possível realizar a identificação e a quantificação das classes estabelecidas. O mapeamento do uso da terra de 2009 foi realizado como parâmetro de análise da evolução do uso e cobertura do solo em relação a 2019, visto que em 2012 teve-se a atualização do Código Florestal.

Nos mapas resultantes (Figura 2), pode-se observar que há um predomínio da classe temática Formação campestre, que em 2009 totalizava uma área de 56,36% e se distribui em praticamente todo o município. Esta classe compreende as áreas de vegetação rasteira, típica para a criação de gado, pastagem e campo sujo. Em 2019, essa área teve uma diminuição de mais de 15%, em se tratando de território do bioma pampa, é uma diminuição significativa, visto que a Formação Campestre corresponde a vegetação nativa.

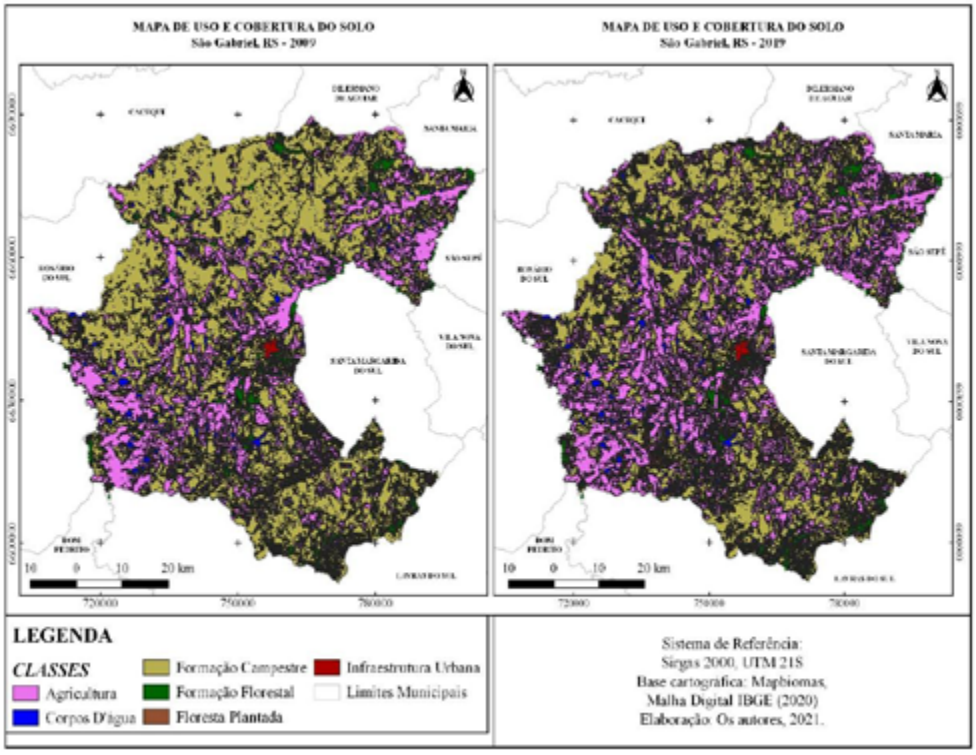


FIGURA 2: Mapa de Uso e Cobertura do solo
Fonte: Autores.

Ao comparar a área das classes obtidas no mapeamento de usos do solo do ano de 2019 com o mapeamento do ano de 2009 (Tabela 1), observam-se alguns pontos importantes, como a diminuição dos corpos d' água, aumento de 2% da classe denominada de Floresta Plantada, tendo como um dos principais motivos o aumento significativo da silvicultura, especialmente plantação de eucalipto. A agricultura teve aumento significativo, realidade da maioria dos municípios que possuem como base econômica o setor primário.

TABELA 1
Uso e cobertura do solo no município de São Gabriel, RS.

CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	*2009*		*2019*	
	Área (Hectares)	%	Área (Hectares)	%
Agricultura	166.078,44	32,87	226.107,51	44,76
Corpos D'água	12.602,75	2,5	11.968,74	2,37
Formação Campestre	284.728,96	56,36	207.638,02	41,08
Formação Florestal	38.865,86	7,69	47.330,62	9,37
Floresta Plantada	1.896,22	0,38	11.003,26	2,18
Infraestrutura Urbana	1.018,20	0,2	1.142,29	0,23
TOTAL	**505.190,43**	100	**505.190,43**	100

Fonte: AUTORES, 2021.

4.1 Conflito do Uso do Solo nas APP´s

A área mínima de APP de cursos d'água que deveria existir no município é igual a 88.939,73 ha, o que corresponde a 17,60% da área total de São Gabriel. Com base na área mínima requerida de preservação permanente, a dinâmica do uso e ocupação do solo nessas áreas pode ser analisado na Tabela 2.

TABELA 2
Dinâmica do Uso e Cobertura do Solo nas Áreas de Preservação Permanente

CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	*2009*		*2019*	
	Área (Hectares)	%	Área (Hectares)	%
Agricultura	30.524,06	34,32	37.920,53	42,64
Corpos D'água	4.463,56	5,02	4.166,55	4,68
Formação Campestre	46.716,95	52,53	36.781,47	41,35
Formação Florestal	7.014,49	7,88	9.317,51	10,48
Floresta Plantada	65,26	0,07	582,90	0,66
Infraestrutura Urbana	155,41	0,17	170,78	0,19
Total	**88.939,73**	**100**	**88.939,73**	**100**

Fonte: AUTORES, 2021.

Desta forma, em 2009 a maior parte das APP's eram ocupadas por Formação Campestre, vegetação nativa característico do bioma pampa, correspondendo a 52,53% e seguido da Agricultura, com 34,32% de áreas ocupadas. Já as Florestas Plantadas e a Infraestrutura Urbana ocupam um pequeno percentual de APP's, não ultrapassando juntas, 0,30% de área.

Uma década depois, tem-se a Agricultura como uso predominante nas áreas de preservação permanente, com 42,64%, aumento de quase 10% da área. Fator de aumento que indica preocupação e necessita de monitoramento da ocupação irregular da agricultura nessas áreas, visto que implica em assoreamento e contaminação dos recursos hídricos por fertilizantes e pesticidas, causando impactos ambientais.

De acordo com Borges *et al*. (2011), o papel regulador dos ciclos naturais realizado pelas APP's é fundamental para a manutenção do equilíbrio ecológico. Destacam que intervir nas APP's para abertura de novas áreas agrícolas pode comprometer a reposição de água nos aquíferos, a qualidade das águas superficial e subterrânea se tornando uma ameaça à saúde humana, bem como causar a perda de solo, e a degradação dos mananciais, comprometendo assim, a própria produção de alimentos.

Essa tendência de crescimento condiz com a realidade da dinâmica de uso e cobertura do solo na maioria dos municípios do Rio Grande do Sul, onde as áreas são ocupadas por atividades agropecuárias. Vale ressaltar que o aumento expressivo da Agricultura se deu também no uso do solo de forma geral em todo o município.

Martini e Trentini (2011), abordam sobre a questão do uso agrícola em APP's. O aumento dessas áreas está muito vinculado a expansão do agronegócio, visto que muitas vezes a ampliação da renda agrícola dá-se pela ampliação das áreas de cultivo ou pastagem. Em relação ao município de São Gabriel, o uso agrícola nessas áreas de APP de cursos d' água estão relacionadas ao cultivo de arroz irrigado, uma das principais bases econômicas do município.

Outras intervenções que também ocorrem nas Áreas de Preservação permanente, porém em um grau menor de impacto, são relacionadas as Florestas Plantadas e açudes. Sabe-se que a silvicultura causa impactos como, perda da biodiversidade, fragmentação florestal, empobrecimento do solo, mudanças na dinâmica hidrológica, qualidade das águas. Quando desenvolvidas sobre APP poderá acarretar a perda das funções ambientais exercidas por elas (Rezende *et al.*).

Em relação as nascentes, observa-se que em inúmeras APP's, são construídos reservatórios de água. Esse tipo de obra é essencial para garantir o abastecimento humano, dessedentação de animais e a irrigação. Porém, se a construção de barragens artificias for feita nas cabeceiras de rios, prejudica o afloramento de águas, comprometendo a geração de recursos hídricos.

Exemplos de conflito do uso nas áreas de preservação permanente podem ser visualizadas na figura 3.

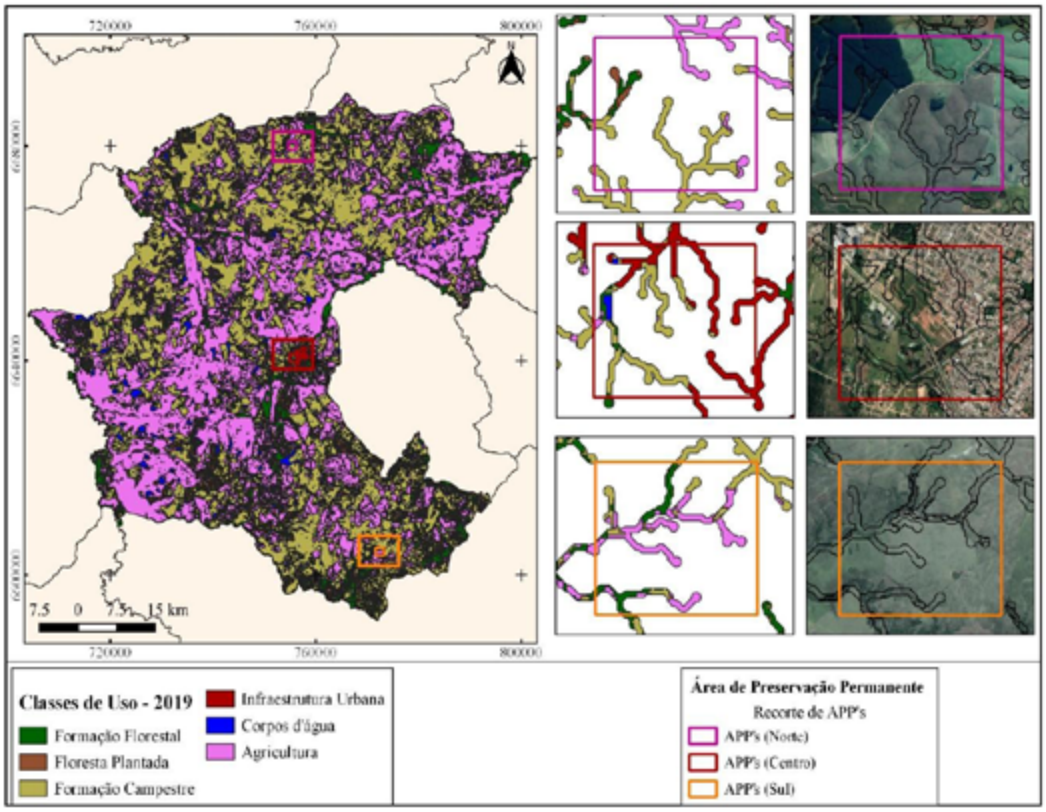


FIGURA 3: Conflitos de Uso em áreas de APP
Fonte: Autores.

5. Considerações Finais

Tendo em vista todo o estudo a respeito das Áreas de Preservação Permanente (APPs), nota-se o uso irresponsável das mesmas, ocasionado principalmente pelo crescimento desordenado e uso indevido do solo.

As regiões que são fundamentalmente dependentes do setor primário, como no caso do município de São Gabriel, demandam estudos que tenham como foco a análise do espaço para fomentar o planejamento e ordenamento territorial que cumpra a legislação ambiental em zonas rurais. Considerando que o presente estudo foi desenvolvido com base em dados secundários disponibilizados ao público pela iniciativa MapBiomas e Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), cujos repositórios apresentam dados para todo o território brasileiro, avalia-se que a metodologia aqui descrita pode ser reproduzida por outros pesquisadores em outros municípios.

Os conflitos de uso nas Áreas de Preservação Permanente são evidentes de acordo com as estatísticas expostas, onde a expansão da agricultura se encontra em ascendência, o que demonstra que essas áreas estão sendo irregularmente desmatadas e vai de encontro ao que preconiza a legislação ambiental brasileira. O Código Florestal brasileiro, considerado uma referência mundial, não tem a fiscalização adequada para seu cumprimento, por falta de infraestrutura e preparo dos órgãos públicos. Isso implica no desrespeito ao regramento ambiental e suas consequências, como evidenciado nesse estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

Referências

ARRUDA, H. M. R. F. **Cartografia de síntese para análise da paisagem do município de São Gabriel/RS**: uma proposta de zoneamento ambiental. 2011. 148p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2011.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acesso em 27, out. 2019.

BORGES, L.A.C.; REZENDE, J.L.P.; PEREIRA, J.A.A.; JÚNIO, L.M.C.; BARROS, D.A. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Cienc. Rural**. v.41, n.7, p.1202-1210, 2011.

KREITLOW, J.P.; SILVA, J.S.V.; NEVES, S.M.A.S.; NEVES, R.J.; NEVES, L.F.S. **Vulnerabilidade Ambiental e Conflito no Uso da Terra no município de Mirassol d'Oeste, Brasil**. Revista Brasileira de Cartografia, n.68/10, p.1917-1936, 2016.

MAPBIOMAS - Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil. **Coleção 4.0**. Disponível em: http://mapbiomas.org/. Acesso em: 23 jan. 2020.

MOREIRA, T.R.; SANTOS, A.R.; DALFI, R.L.; CAMPOS, R.F.; SANTOS, G.M.A.D.A.; EUGENIO, F.C. **Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui/ES**. Revista Floresta e Ambiente, v.22, n.2, p.141-152, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GABRIEL/RS. **Economia**. Disponível em: https://www.saogabriel.rs.gov.br/. Acesso em 25, jun. 2021.

MARTINI, L.C.P.; TRENTINI, E.C. Agricultura em zonas ripárias do sul do Brasil: conflitos de uso da terra e impactos nos recursos hídricos. **Soc. Estado,** v.26, n.3, p. 613-630, 2011.

DE REZENDE, F. S.; CARRIELLO, F.; RODRIGUEZ, D. A. **Análise Multitemporal da Ocorrência de Silvicultura em Áreas de Preservação Permanente em Topo de Morro.** *In:* **III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**, 2018, Juiz de Fora – MG. Anais, p 327-337, 2018.

CONTROLE LITO-ESTRUTURAL NA FORMAÇÃO DE CAMPOS DE MURUNDUS DA BACIA DE DRENAGEM DO PARANOÁ, DISTRITO FEDERAL

Bárbara Costa da Silva
Instituto de Geociências - Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900 Brasília, DF, Brasil
E-mail: barbaracosta2@yahoo.com.br
Roselir de Oliveira Nascimento
Departamento de Geografia - Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900 Brasília, DF, Brasil
E-mail: roselir.nascimento@gmail.com

Resumo

Os campos de murundus são microformas de relevos comumente encontrados nos Cerrados brasileiro, próximos às nascentes e vertentes de cursos de água, de modo que a origem e formação desses campos ocorrem por processos bióticos e abióticos. Por estarem associados à rede de drenagem, os campos de murundus podem ser condicionados pelos controles lito-estruturais exercidos sob os canais fluviais. Desta forma, este estudo de caráter preliminar procura mapear os murundus na bacia de drenagem do Paranoá e identificar os lineamentos estruturais, de modo a verificar se há correspondência entre estas fisionomias e o contexto geoestrutural da área. Dos campos de murundus mapeados, observou-se estreita relação visual com os lineamentos, e dos murundus com a mediana de densidade dos lineamentos estruturais, sendo, portanto, mais uma hipótese para consideração quanto à origem e formação dos murundus. Todavia, ainda necessita de estudos mais específicos e aprofundados, em especial estudos geofísicos e geoestruturais.

Palavras-chave: Lineamentos estruturais, Relevo sombreado, Campos de murundus.

Introdução

O domínio dos Cerrados ocupa a porção central do Brasil, em posição zonal semelhante às savanas e cerrados da África Austral e de composição florística muito diversa (Ab'Saber, 1983). Se desenvolvem em planaltos de estrutura complexa, planaltos sedimentares e superfícies aplainadas (chapadas), em níveis topográficos entre 300 e 1.700 m (Ab'Saber, 1983). Ocupando cerca de 23% do território brasileiro, o domínio dos Cerrados está inserido em amplo contexto litológico, geoestrutural, morfológico e pedológico, promovendo diversidade biológica e ecossistêmica (Pereira *et al*., 2011), além de distintas fisionomias vegetacionais observadas na paisagem.

A vegetação dos Cerrados apresenta fisionomias florestais, savânicas e campestres (Ribeiro e Walter, 1998). O estrato florestal representa as áreas com predominância de árvores e formação de dossel, tais como os cerrados e cerradões, desenvolvidos sob as formas de interflúvios e vertentes suaves. As savanas são referentes às áreas com árvores e arbustos espalhados sob amplo estrato graminoso. Já o termo "campestre" abrange as formações com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, onde não se observam árvores e/ou formação de dossel. Estas faixas campestres ou de campos limpos ocorrem sob as cristas quartzíticas e xistos mal pedogeneizados nas bordas das chapadas. As florestas (ou matas) de galerias se desenvolvem no fundo aluvial dos vales de porte médio a grande (Ribeiro e Walter, 1998; Ab'Saber, 1983).

Dentre as formações observadas nos Cerrados, os campos de murundus se destacam por suas características fisiográficas e ecológicas. São padrões repetidos de morrotes arredondados cobertos por vegetação lenhosas de savana e depressões dominadas por vegetações rasteiras (Araújo Neto et al., 1986). De acordo com Baptista et al. (2013), o termo "murundus" é empregado para caracterizar ninhos de térmitas (cupinzeiros) ou cocurutos, montículos ou montões. Schneider (1996) aponta que os murundus são áreas de microrrelevos associados às nascentes de córregos e possuem lençol freático superficial oscilante conforme os períodos chuvosos e secos. Segundo Ribeiro e Walter (1998), os murundus são elevações convexas que podem variar de 0,1 m a 1,5 m de altura e de 0,2 m a 20 m de diâmetro com flora semelhante às fisionomias savânicas. Há, ainda, aqueles que se referem aos murundus como montículos residuais ou deposicionais de origem essencialmente geomorfológica (Araújo Neto et al., 1986). Os campos de murundus carecem de definições claras quanto à origem e formação (Midgley, 2010).

Os campos de murundus dos Cerrados podem variar em tamanho, forma, orientação e diversidade de cobertura vegetal, além de propriedades pedológicas, escoamento superficial e posição do lençol freático; estando, normalmente, associados à rede de drenagem (Araújo-Neto, 1981; Furley, 1896), que reflete padrões relacionados à fatores de ordem estrutural. Tooth e McCarthy (2007) observaram que algumas áreas úmidas no sudoeste da África são mantidas por fluxos das drenagens combinados a outros fatores que impedem a drenagem ou reduzem a infiltração, incluindo o contexto lito-estrutural e afloramentos rochosos.

Nas áreas de controle litológico, o lençol freático é desviado da rocha menos permeável para a superfície terrestre. A infiltração contínua que ocorre na superfície fornece a umidade necessária para uma área úmida (Thompson et al., 1992). Na região central do Brasil, foram observados fatores geológicos e geomorfológicos que condicionam a distribuição de áreas úmidas (De-Campos et al. 2013). Fatores abióticos e bióticos podem influenciar na formação de áreas úmidas, de modo que contexto geológico e geomorfológico inspiram a gênese, função e distribuição espacial de destas áreas, por meio da composição química-mineralógica das litologias, descontinuidades estruturais, processos de erosão e sedimentação (De-Campos et al., 2013).

Os lineamentos estruturais são feições lineares topográficas ou tonais observáveis em imagens e modelos de terreno, que podem representar descontinuidades estruturais (Etchebehere *et al*., 2007) e configuram subsídios para os estudos geológicos e geomorfológicos. Desta forma, o arcabouço tectono-estrutural, junto a outros fatores, influencia as formas de relevo e seus processos, tais como o desenvolvimento e direção dos eixos de drenagem. Com isso, seriam os campos de murundus igualmente influenciados pelo contexto geoestutural? A partir disto, com esta pesquisa tem-se o objetivo de promover discussões iniciais sobre a influência dos controles lito-estruturais sob as formas e orientações de campos de murundus e seus aspectos intervenientes.

Observam-se formas alongadas e orientação preferencial de alguns campos de murundus no Distrito Federal, levando a crer que o substrato geoestrutural pode exercer alguma influência. Furley (1986) e Araújo Neto et al. (1986) apontam que os campos de murundus da Fazenda Água Limpa, no Distrito Federal, ocorrem em dois contextos principais, conforme a figura 1. O contexto 01 apresenta lençol freático próximo à superfície em encostas mais baixas do vale ou, no fundo plano do vale. Nesta área, os morrotes apresentam estrato lenhoso desenvolvido sob os latossolos vermelho-amarelos, enquanto as depressões são formadas por solos orgânicos cobertos por gramíneas. O contexto 02 é marcado pela sazonalidade do lençol freático onde os morrotes são menos perceptíveis e têm formas lineares seguindo o gradiente da encosta. São cobertos por gramíneas e poucos arbustos, em terreno bem drenado onde há latossolos e cambissolos.

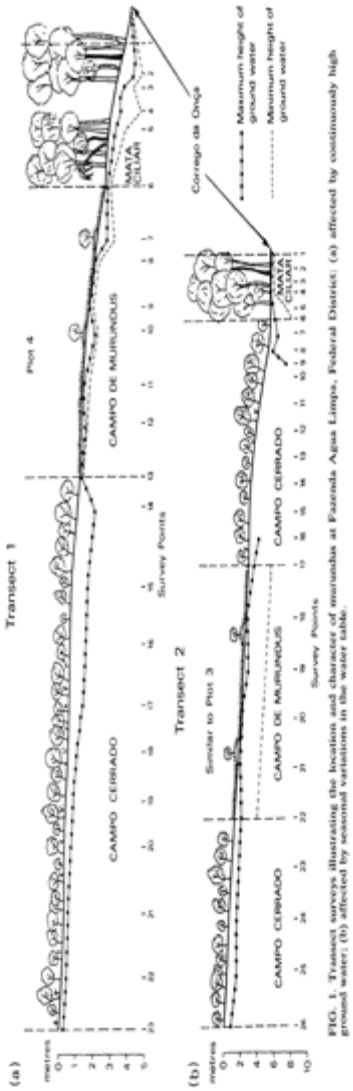


FIGURA 1: Localização e características dos campos de murundus da Fazenda Água Limpa, Distrito Federal. a) contexto afetado pelo lençol freático. b) contexto afetado pela variação sazonal do lençol freático. Fonte: Furley, 1986.

Área de Estudo

A área de estudo desta pesquisa é a bacia de drenagem do Paranoá, localizada no Distrito Federal. Possui área aproximada de 1.005 km², apresentando elevada densidade populacional dentre as bacias de drenagem do Distrito Federal (ADASA, 2012). De acordo com Moura et al., 2014, os usos do solo observados na bacia de drenagem do Paranoá são: 30% de áreas urbanas, 26% de formações savânicas e 25% de formações campestres e cerca de 5% de corpos d'água.

O Distrito Federal está inserido em um arcabouço estrutural que inclui deformações materializadas por planos de cavalgamento e dobramentos. Tais eventos estão associados ao evento tectônico da Orogênese Brasiliana (Campos et al., 2016). A Faixa Brasília ocupa cerca de 1.200 km de extensão, é alongada

no sentido norte-sul, ocupando a porção centro-leste da Província do Tocantins, mostrando vergência estrutural para o Cráton do São Francisco (Frasca, 2015). É dividida em zonas Cratônica, Externa e Interna conforme a intensidade de metamorfismo, que aumenta de leste para oeste. Segundo Dardenne, (2000) e Cordani et al., (2013), a Faixa Brasília compreende pilha metassedimentar que inclui, dentre outros grupos, os grupos Paranoá e Canastra, que caracterizam a bacia de drenagem (figura 2).

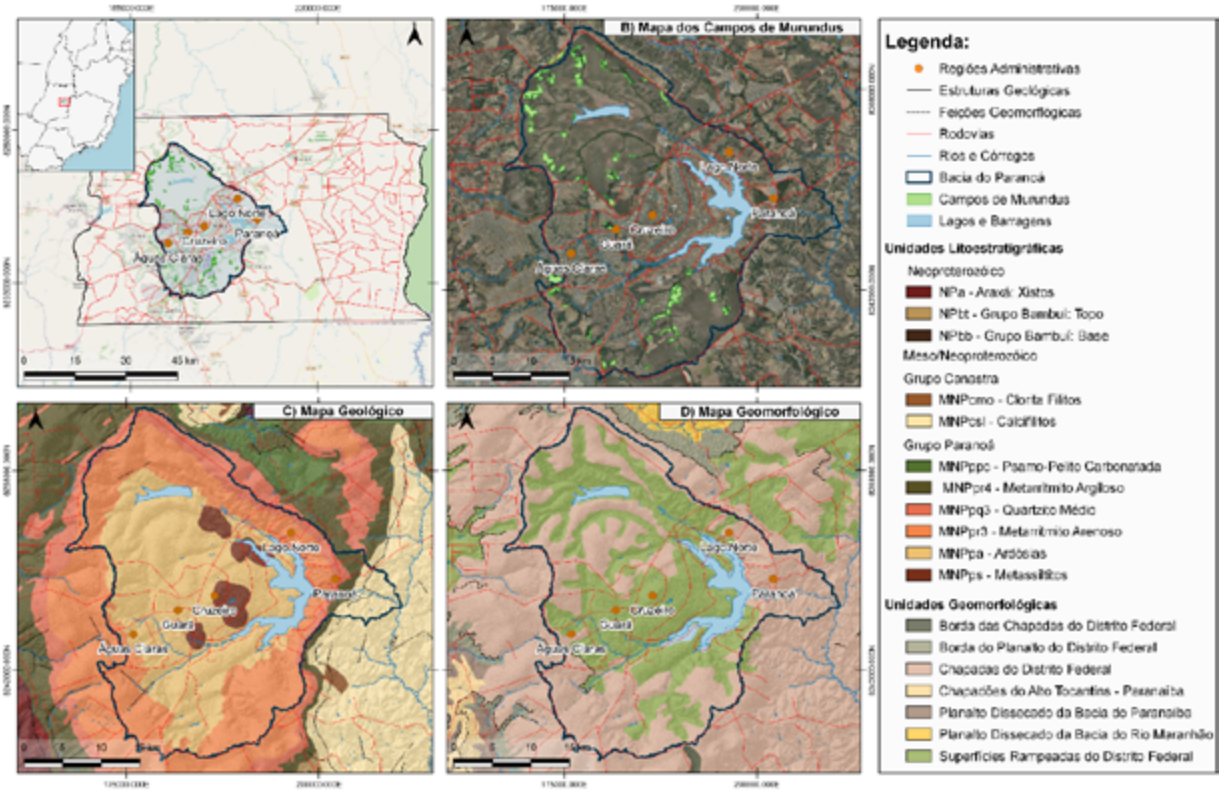


FIGURA 2: Caracterização da área de estudo. A) Localização da bacia do Paranoá; B) Identificação dos campos de murundus na bacia do Paranoá; C) Mapa Geológico e D) Mapa Geomorfológico. Fonte: Campos et al., 2016; IBGE, 2021;

O Grupo Paranoá ocorre nas zonas Interna e Externa da Faixa Brasília, estruturado em cinturões de dobras e falhas, e cobre cerca de 96,7% da bacia de drenagem do Paranoá. Trata-se de uma sequência psamo-pelito-carbonatada em sistema deposicional de ambiente marinho, com margem passiva e idade Meso/Neoproterozóica (Campos et al., 2013; Carvalho, 2018). A sequência litoestratigráfica do grupo inicia-se com a deposição de paraconglomerado, seguido de ciclos siliciclásticos transgressivos e regressivos, que incluem sucessões de arenitos e ritmitos e o topo representados por pelitos e dolomitos (Carvalho, 2018). A sequência deposicional do Grupo Paranoá é dividida em onze formações, da base para o topo, a ser: SM (Paraconglomerado), R1 (Margas e Metassiltitos Argilosos), Q1 (Quartzitos Finos), R2 (Metarritmitos), Q2 (Quartzitos Grossos), S (Metassiltito), A (Ardósia), R3 (Metarritmito Arenoso), Q3 (Quartzito Médio), R4 (Metarritmito Argiloso) e PPC (Psamo Pelito Carbonatada) (Campos et al., 2013).

O Grupo Canastra é datado do Meso-Neoproterozóico e representa uma bacia de margem passiva em contato tectônico com os Grupos Araxá e Ibiá (Silva, 2006). Este grupo ocorre no centro-sul da Faixa de Dobramentos Brasília e compreende cerca de 3,3% da bacia do Paranoá. O grupo é formado por filitos, com ocasionais intercalações de quartzito fino (com evidências de orientação

dos grãos de quartzo), além de filitos metamorfizados nas de fácies xisto verde, calcifilitos, mármores finos e filitos carbonosos (Pereira et al.,1994; Valeriano et al., 2004; EMBRAPA, 2004; Dias, 2011). É considerado um equivalente lateral do Grupo Paranoá, com maior grau metamórfico, apresentando três fases de deformações (Faria, 1985; Uhlein et al., 2013). O contato basal da sequência se faz através de falha de cavalgamento (Pereira et al.,1994). Assim, a bacia do Paranoá abrange as unidades S (Metassiltito), A (Ardósia), R3 (Metarritmito Arenoso), Q3 (Quartzito Médio), R4 (Metarritmito Argiloso) do Grupo Paranoá e a unidade CSL (Calcifilitos) do Grupo Canastra.

A paisagem do Distrito Federal é marcada pelo controle lito-estrutural na compartimentação geomorfológica, gerando estruturas dômicas e bacias regionais, como o domo estrutural de Brasília (Grupo Paranoá) e as bacias estruturais (grupos Canastra e Araxá), além das variações altimétricas, densidade e forma da rede de drenagem e evolução morfodinâmica (Campos, 2004; EMBRAPA, 2004). O Distrito Federal situa-se em superfícies remanescentes dos aplainamentos dos ciclos de erosão sul-americanos e Velhas, desenvolvidos ao longo do terciário (EMBRAPA, 2004). Para o IBGE (2020), o Distrito Federal está inserido nos domínios geomorfológicos dos Cinturões Móveis Neoproterozoicos e das Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas, cada um deles com suas respectivas unidades geomorfológicas. Na bacia do Paranoá, segundo dados do IBGE (2021), em escala 1:250.000, ocorrem as unidades geomorfológicas Chapadas do Distrito Federal e as Superfícies Rampeadas do Distrito Federal, como mostra a figura 2.

As Chapadas do Distrito Federal correspondem às superfícies residuais resultantes de erosão intensa, evoluída por processos de transformação geoquímica, gerando amplas coberturas de alteração (IBGE, 2009). São caracterizadas por topografia plana a suave ondulada, desenvolvida sobre os quartzitos, ardósias, filitos e micaxistos do Grupo Paranoá (Pinto, 1986). As Superfícies Rampeadas do Distrito Federal ocupam a porção central da bacia do Paranoá e correspondem às áreas de dissecação homogênea ou diferencial, apresentando topos tabulares (IBGE, 2021). Estão modeladas sobre ardósias, filitos e quartzitos do Grupo Paranoá, nos interflúvios podem ocorrer perfis lateríticos, formação de latossolos, além de fragmentos de quartzo (Pinto, 1986).

Metodologia

Os campos de murundus foram identificados e delimitados manualmente através de técnicas em fotointerpretação a partir de imagens do software Google Earth Pro dos anos de 2002 a 2019. A escala temporal adotada se deve às mudanças de uso e ocupação do solo, em especial à ocupação dos campos de murundus para atividades antrópicas, dificultando a identificação desta fisionomia em imagens recentes. Tendo em vista as oscilações do lençol freático, optou-se por imagens do período seco (junho a novembro) e úmido (dezembro a maio), ao longo da escala temporal adotada, permitindo a correta delimitação das fisionomias.

A partir do objetivo proposto, foram delimitados lineamentos estruturais para análise frente à identificação dos campos de murundus. Os lineamentos estruturais são feições lineares que marcam a expressão geomorfológica da estrutura geológica (Nugroho e Tjahjaningsih, 2016). Deste modo, foram adquiridas as cenas SRTM1S16W048V3 e SRTM1S16W049V3 do modelo digital de terreno SRTM com resolução espacial de 30 m, disponibilizadas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). As cenas foram mosaicadas e processadas para remoção dos valores nulos e preenchimento de pixels *no data* no *software* QGIS 3.16.6 - Hannover.

Para delimitação dos lineamentos estruturais, foram aplicadas técnicas de sombreamento (*hillshade*) com iluminação artificial, onde adotou-se o Azimute de Insolação de 0º, 45º, 90º, 135º e 315º com Altitude de Insolação de 45º, segundo a proposta apresentada por Nugroho e Tjahjaningsih (2016) e Coutinho *et al*. (2017), com base nos procedimentos realizados por Liu (1984), para a identificação de feições lineares que marcam os segmentos de escarpas, alinhamento de cristas, vales e depressões alongadas em modelos digitais de terreno SRTM. Almeida et al., (2006) indica que a determinação dos lineamentos é representada por: alinhamento de cursos de drenagens retilíneas, quebras negativas ou positivas de relevo, forma alongada e alinhamento de dolinas e alinhamento de exposições rochosas.

Em seguida, as imagens do relevo sombreado foram inseridas no *software* PCI Geomática para extração dos lineamentos estruturais por meio do algoritmo "LINE". Este algoritmo adota três fases de processamento, denominadas por: *edge detection*, *thresholding* e *curve extraction*, de modo que para cada parâmetro foram adotados os valores propostos por Nugroho e Tjahjaningsih (2016), com vistas à melhor identificação dos conjuntos de lineamentos estruturais sob as diferentes iluminações do relevo. Após extraídos os lineamentos, foram gerados Diagramas de Rosetas, com o *plug-in* "Line Density Histogram" instalado no QGIS 3.16.6. Estes diagramas foram agrupados de 30º em 30º, ressaltada a tendência de direção (*direction trend)*.

Para considerar o controle lito-estrutural nos campos de murundus, foi realizada análise integrada das feições lineares e os campos de murundus mapeados a partir do mapa de densidade de lineamentos. Este mapa permite identificar visualmente se há relação entre a concentração dos lineamentos estruturais e os campos de murundus; foi gerado com a ferramenta *Line Density* do *software* ArcGIS 10.8, na unidade Km/Km². Com a densidade calculada, seguiu-se para identificação das estatísticas zonais nos campos de murundus de modo a identificar àqueles campos que apresentam maior relação com os controles estruturais discernidos sob diferentes técnicas de sombreamento (*hillshade*). Para tal, foi extraído o centroide dos campos de murundus e atribuído a cada um a mediana da densidade de lineamentos, permitindo identificar os campos de murundus que apresentam melhor correspondência com os lineamentos estruturais.

Resultados e Discussões

A partir dos procedimentos adotados foram identificados cerca de 83 campos de murundus para a bacia do Paranoá (figura 2). Destes, 15 campos de murundus encontram em áreas urbanizadas, próximos às matas de galeria; os demais campos estão em áreas de preservação, como o Parque Nacional (na porção norte da bacia do Paranoá) e nas estações ecológicas (ao sul da bacia). Todos os campos de murundus identificados estão em áreas próximas aos cursos de água, tal como apontam as pesquisas realizadas por Silva *et al*. (2010) e Baptista *et al*. (2013). Os Murundus têm importante contribuição ao regime hídrico, por estarem associados à infiltração e à recarga do lençol freático (Furley, 1986). Os campos de murundus mapeados, apresentam área média de 0,30km², sendo o maior campo com área de 1,65km².

A bacia do Paranoá apresenta rede de drenagem com direção predominante NE-SW, conforme observado nos lineamentos extraídos pelos modelos digitais de terreno SRTM. Tendo em vista que rede de drenagem é um importante elemento geomorfológico, já que apresenta significado lito-estrutural e permite elucidar questões acerca da evolução geomorfológica (Schumm, 1993), as diferentes técnicas de sombreamento aplicadas ao SRTM, possibilitaram identificar diversas feições lineares, caracterizando o controle estrutural da área de estudo. A tabela 1 indica o grau de sombreamento, quantidade de feições lineares e a tendência de direção das feições.

TABELA 1

Características dos lineamentos estruturais obtidos com esse estudo

Sombreamento	Quantidade de Lineamentos Estruturais	Tendência de Direção
0º	75	NW-SE
45º	59	NW-SE
90º	63	NW-SE
135º	77	NE-SW
315º	70	NE-SW

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Na figura 3 é possível observar os lineamentos estruturais identificados sob diferentes técnicas de sombreamento dos modelos digitais de terreno. Os lineamentos estruturais obtidos com o sombreamento de 0º se concentram na porção central da bacia, sob as ardósias do Grupo Paranoá, com tendência de direção NW-SE. Já com o sombreamento de 45º, os lineamentos se concentram nos contatos da ardósia — metarritmito arenoso — quartzito médio, com tendência de direção NW-SE. Para o sombreamento de 90º, observa-se maior relação com a estrutura dômica da porção central da bacia e apresenta tendência de direção NW-SE. As feições lineares obtidas com o sombreamento de 135º estão relacionadas às calhas de ajustes dos principais canais fluviais, apresentando tendência de direção NE-SW. Por fim, com o sombreamento de 315º obtiveram-se lineares também associadas à rede de drenagem e tendência de direção NE-SW.

Observa-se relação entre a orientação dos campos de murundus aos lineamentos estruturais levantados a partir das técnicas de sombreamento (figura 3), principalmente para os campos de murundus com fisionomia alongada e orientados a uma direção preferencial, semelhante aos observados por Araújo-Neto (1981) e Furley (1896). Os campos de murundus localizados sobre o metarritmito arenoso, apresentam maior relação com os lineamentos estruturais obtidos, em diferentes graus de sombreamento. Visualmente, os lineamentos estruturais extraídos com o sombreamento de 0º apresentam maior associação com os campos de murundus, especialmente os localizados ao norte da bacia, enquanto os lineamentos estruturais dos sombreamentos de 90°, 135º e 315º aparentam maior relação com os campos identificados ao sul da bacia.

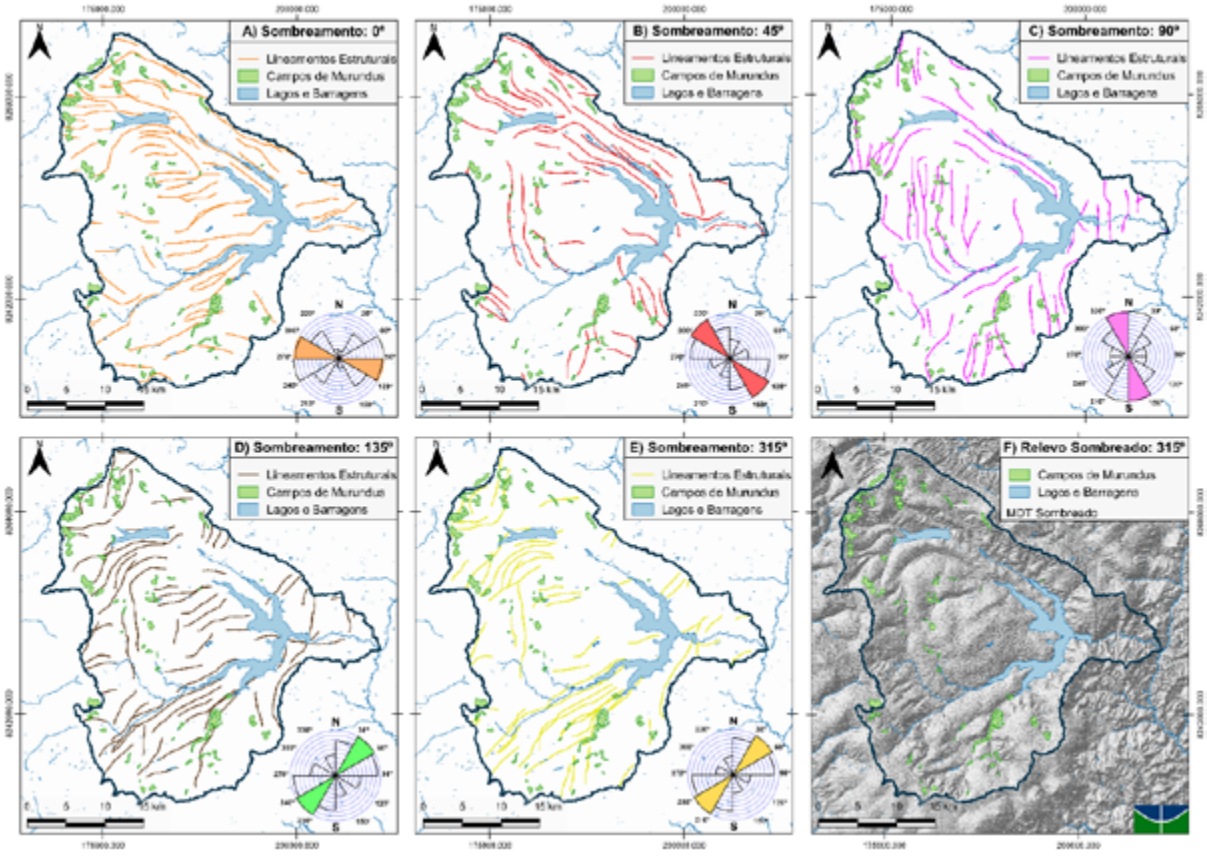


FIGURA 3: Lineamentos estruturais identificados sob diferentes técnicas de sombreamento dos modelos SRTM. A) Sombreamento 0º, B) Sombreamento 45º, C) Sombreamento 90º, D) Sombreamento 135º, E) Sombreamento 315º e F) Relevo Sombreado. Os campos de murundus apresentam, visualmente, relação com as feições estruturais identificadas.

Quando observado o mapa de densidade dos lineamentos, na figura 4, nota-se maior intensidade de lineamentos nas porções noroeste e sudeste da bacia do Paranoá, especialmente no contato entre as unidades ardósia e metarritmito arenoso e do metarritmito arenoso com o quartzito. Os campos de murundus predominam nas áreas de maior densidade dos lineamentos estruturais. O cálculo da densidade dos lineamentos, se deu em Km/Km², atribuindo a cada pixel da matriz um valor de densidade, deste modo, a atribuição do valor de mediana da densidade aos centroides dos campos de murundus permite melhor observar a relação.

Os lineamentos estruturais obtidos com o sombreamento de 45º (figura 4B) apresentam menor relação com os campos de murundus mapeados, comparado aos demais sombreamentos, já que a maior densidade dos lineamentos se encontra no contato da ardósia com o metarritmito arenoso na porção nordeste da bacia, onde não foram identificados campos de murundus. Os lineamentos estruturais com os sombreamentos de 0º e 315º são aqueles que apresentam maior valor de mediana da densidade frente aos campos de murundus (figura 4A e 4E), contraposto aos demais mapas. Estes lineamentos de 0° e 315° estão associados, principalmente, **à rede de drenagem** e aos contatos litológicos do metarritmito arenoso e quartzito, sendo esperado tal comportamento, tendo em vista que os campos de murundus apresentam forte vínculo com a rede de drenagem (Araújo-Neto, 1981; Furley, 1896).

Os lineamentos dos sombreamentos de 90º e 135º apresentam relação moderada com os campos de murundus, com destaque **àqueles** localizados ao centro e ao sul da bacia. A porção central da bacia corresponde ao Domo Estrutural de Brasília, com maior ângulo de mergulho para NE-SW, observado no sombreamento 0°. As dobras do domo apresentam-se frequentemente com duplo caimento de eixo, definidas pela sobreposição de eventos deformacionais de direção NE-SW e NW-SE (Kumaira, 2016). Os campos de murundus se apresentam na borda do domo.

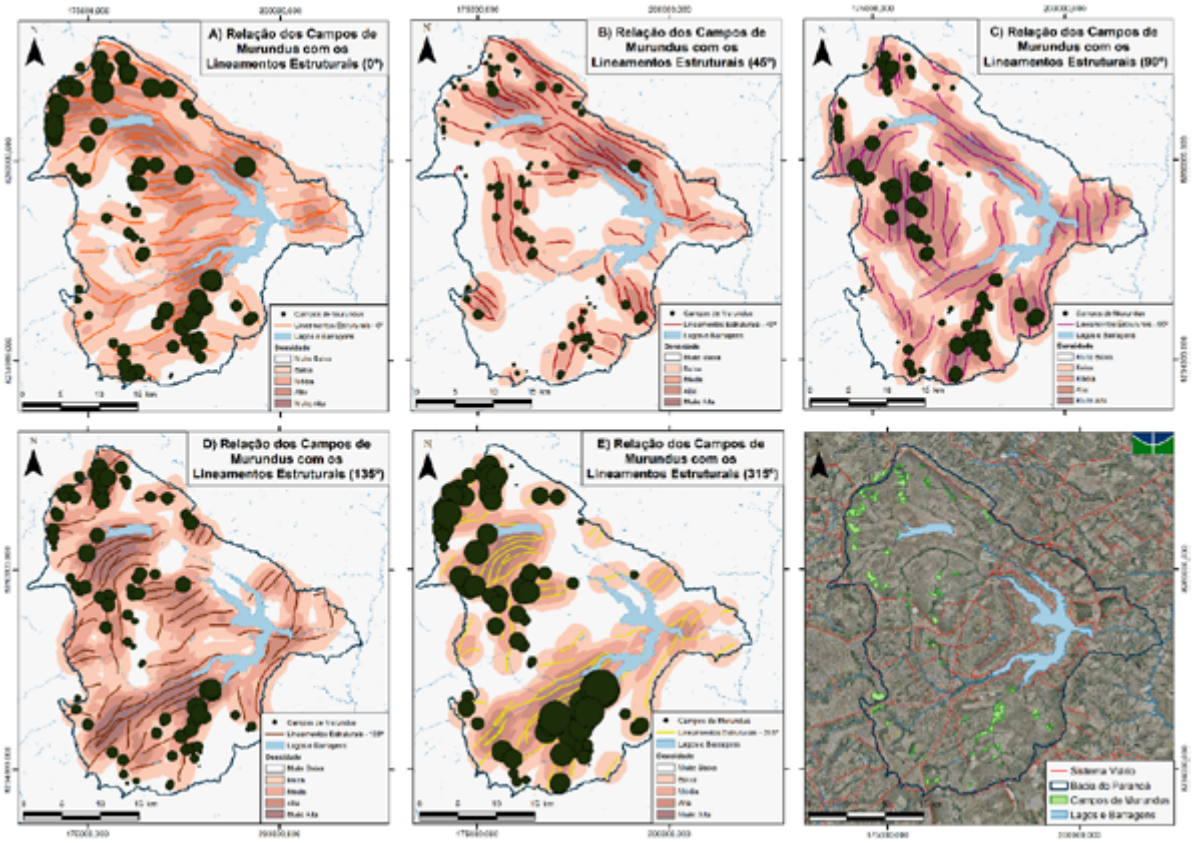


FIGURA 4: Lineamentos estruturais identificados sob diferentes técnicas de sombreamento dos modelos digitais de terreno SRTM. Os círculos em tamanhos proporcionais indicam a mediana da densidade de lineamentos estruturais atribuídas aos centroides dos campos de murundus. Observa-se maior relação da mediana da densidade dos lineamentos obtidos com o sombreamento 315º. A) Sombreamento 0º, B) Sombreamento 45º, C) Sombreamento 90º, D) Sombreamento 135º, E) Sombreamento 315º e F) Mapa de situação dos campos de murundus.

Com o sombreamento de 315º há maior relação proporcionalmente, confrontado aos demais, em especial com os campos de murundus associados às cabeceiras de drenagem, localizados na porção norte da bacia do Paranoá, e aos campos de murundus das estações ecológicas ao sul da bacia. Um dos exemplos a ser destacado é o controle estrutural observado no campo de murundus conhecido como "Golfinho" na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília. Este campo apresenta forma alongada e orientada (direção NE-SW), semelhante à direção dos canais de drenagem, além de estar sobre um dos lineamentos estruturais relacionados à alinhamento de vale identificados, conforme classificação apresentada por Liu (1984).

Furley (1985, 1986) e Araújo-Neto et al. (1986), consideram 4 fatores que influenciam a formação dos Campos de Murundus, sendo: 1 — ação erosiva da água, 2 — cimentação do solo por atividade biológica, 3 — afloramento laterítico

ou outros litotipos e 4 — cobertura vegetal que retém maior volume de solo. Segundo o mapa pedológico do distrito federal (EMBRAPA, 2004), os campos de murundus estão associados aos solos hidromórficos indiscriminados, contudo, alguns campos ocorrem em pequenas manchas de plintossolo pétrico. Estes solos apresentam camada de nódulos, pisólitos e concreções oxidadas que podem exercer certo controle no fluxo interno da água, contribuído com a formação e manutenção dos campos de murundus.

Assim, este trabalho, de caráter preliminar, traz mais um aspecto abiótico que pode ser considerado quanto à formação dos campos de murundus. A evolução estrutural observada no substrato geológico da área de estudo, dificulta o avanço das cabeceiras de drenagem e contribui para as flutuações do lençol freático e consequente inundação destas áreas, colaborando na manutenção de alguns destes campos. Araújo-Neto et al. (1986), apontaram que a orientação dos campos de murundus observados no Distrito Federal frequentemente refletia os fluxos de água e o solo local ou diferenças geológicas. Desta forma, a distribuição fisionomia dos campos de murundus estão associadas a diversos fatores, entre eles a geologia e a morfologia do terreno.

Considerações Finais

Os campos de murundus são objetos de estudo de diversas pesquisas e têm sua origem e manutenção relacionada a processos bióticos e abióticos. Com este trabalho, objetivou-se apontar mais um fator que pode corroborar com as hipóteses já levantadas acerca da temática. A identificação de lineamentos estruturais permitiu reconhecer o contexto geoestrutural da área de estudo, a partir de modelos digitais de terreno. Desta forma, foi observado vínculo entre os campos de murundus e os controles lito-estruturais, em especial, nos campos que já apresentam visualmente formas alongadas e orientação preferencial.

Este trabalho permite levantar novas questões quanto aos processos, origens e manutenção dos campos de murundus na região central do Brasil, tendo em vista os promissores resultados observados. É importante ressaltar que se trata de um trabalho preliminar e que carece de maiores estudos, visando melhor relacionar o controle lito-estrutural com a formação e origem dos campos de murundus. Se recomenda a adoção de outros métodos, tais como sombreamento multidirecional, sombreamento com variação de luz a cada 30° sombras combinadas e Red Relief Image Map (RRIM), além de caracterização fisiográfica dos campos de murundus e adoção de outros parâmetros estatísticos. Este trabalho pode ser considerado inicial para pesquisas futuras, visando contribuir com as questões relacionadas às áreas úmidas nos Cerrados brasileiro, além de fomentar políticas ambientais para conservação e preservação destes ecossistemas.

Referências

AB'SABER, A. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação. **Geomorfologia**, São Paulo, v.52, p.17-28. 1977.

AB'SABER, A. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. **Revista do Serviço Público**, v.40, n.4, p.41-56. 1983.

ADASA - Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. PGIRH | **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal.** 2012. Disponível em: http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/programas/PIRHFinal/PGIRH_relatorio_sintese_versaofinal.pdf. Acesso em jan. de 2020.

ARAÚJO NETO, M. **Solos, água e relevo dos campos de murundus na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal.** Dissertação (Mestrado em Biologia) – Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília, Brasília, 1981. 112p.

ARAÚJO NETO, M.; FURLEY, P.; HARIDASAN, M. & JONHSON, C. The Murundus of the Cerrado Region of Central Brazil.

Journal of Tropical Ecology, Grã Bretanha, v. 2, p.17-35. 1986.

BAPTISTA, G.; CORREA, R. & SANTOS, P. Campos de murundus da Fazenda Água Limpa da UnB: hipóteses de origem. **Revista do CEAM**, v. 2, n. 1. 2013.

CAMPOS, J. Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**, v.34, n.1, p.41-48. 2004.

CAMPOS, J.; DARDENNE M.; FREITAS-SILVA F.; MARTINS-FERREIRA M. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n.3, p.46-476. 2013.

CAMPOS, J.; XAVIER, T.; FREITAS-SILVA, F. Registros de atividade neotectônica no Distrito Federal, Brasil. **Revista Geociências**, v.35, n.2, p.203-219. 2016.

CARVALHO, M. **Geologia e quimioestratigrafia dos grupos Bambuí e Paranoá no Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2018. 101p.

CORDANI, U.; RICCOMINI, C. Avanços em geologia sedimentar, ambiental e hidrogeologia no Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. supl. 1, p.1-1. 2013.

COUTINHO, V.; BRICALLI, L.; LOPES, G. Aplicação da Técnica de Extração de Lineamentos para Identificação de Locais Favoráveis a Prospecção e Capturas de Água Subterrânea no Norte do Espírito Santo (Sudeste do Brasil). **XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física**. Campinas - SP. 2017.

DARDENNE, M. The Brasília Fold Belt. *In:* U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho; D.A. Campos. Tectonic evolution of South America. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, SBG. p.231-263. 2000.

DE-CAMPOS, A.; CEDRO, D.; TEJERINA-GARRO, F.; BAYER, M.; CARNEIRO, G. T. Spatial distribution of tropical wetlands in Central Brazil as influenced by geological and geomorphological settings. **Journal of South American Earth Sciences**, v.46, p.161-169. 2013.

DIAS, P. **Estratigrafia dos grupos Canastra e Ibiá (Faixa Brasília Meridional) na região de Ibiá, Minas Gerais: caracterização e estudo de proveniência sedimentar com base em estudos isótopos U-Pb e Sm-Nd**. Dissertação (Mestrado em Geologia), - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. 106p.

EMBRAPA. **Evolução Geomorfológica do Distrito Federal**. / Éder Martins, Adriana Reatto, Osmar Carvalho Jr., Renato Guimarães - Planaltina - DF: Embrapa Cerrados, 2004. 56p.

ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J. Análise de bacia aplicada à prospecção de água subterrânea no planalto acidental paulista, SP. **Geociências**, São Paulo: UNESP, v.26, n.3, p.229-247, 2007.

FARIA, A. Geologia do Domo de Cristalina, Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, v.15, n.3, p. 231-240. 1985.

FRASCA, A. **Amálgamas do W-Gondwana na província Tocantins**. 2015. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2015. 172p.

FURLEY, P. A. **Notes on the soils and plant communities of Fazenda Água Limpa, Brasília, D.F. Brazil.** Occasional Publications, Department of Geography, University of Edinburgh, n.5, 1985. 138 p.

FURLEY, P. A. Classification and distribution of murundus in the Cerrado of Central Brazil. **Journal of Biogeography**, v.13, p. 265-268. 1986.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009, 182 p.

IBGE Geociências. **Mapa de Geomorfologia 1:250.000**. 2021

LIU, C. Análise **Estrutural de lineamentos em imagens de sensoriamento remoto: aplicação ao estado do Rio de Janeiro**.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Docências, Universidade de São Paulo, 1984. 157p.

KUMAIRA, S. **Análise e Modelagem Estrutural do Domo de Brasília.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Porto Alegre - RS, 2016. 101f.

MIDGLEY, J. More mysterious mounds: origins of the Brazilian Campos de Murundus. **Plant Soil**, v.336, p.1–2. 2010.

MONTEIRO, M.; MENEZES, A. Análise histórica de ocupação das áreas úmidas (veredas e campos de murundus) no triângulo mineiro entre os municípios de Uberaba e Uberlândia durante os anos de 1987 a 2017. **Ambiente e Paisagem**, Goiás, v. 9, n. 1, p.173-187. 2019.

MOURA, L.; BIAS, E.; BRITES, R. Avaliação da Acurácia Vertical de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) nas Bacias do Paranoá e São Bartolomeu. **Revista Brasileira de Cartografia.** v.66, n.1, p.1-14. 2014.

NUGROHO, U.; TJAHJANINGSIH, A. Lineament density information extraction using DEM SRTM data to predict the mineral potential zones. International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences, v.1, n.1, p.67 –74. 2016.

PINTO, M. Superfícies de aplainamento na Bacia do São Bartolomeu, Distrito Federal/Goiás. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.48, p.237-257, 1986

PEREIRA, B.; VENTUROLI, F.; CARVALHO, F. Florestas estacionais no cerrado: uma visão geral. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n.3, p.446-455. 2011.

PEREIRA, L.; DARDENNE, M.; ROSIÈRE, C.; PEDROSA-SOARES, A. Evolução geológica dos grupos Canastra e Ibiá na região entre Coromandel e Guarda-Mor, MG. **Geonomos**, v.2, n.1, p.22-32. 1994.

RIBEIRO, J.; WALTER, B. As Principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica**, p.151-213. 1998.

SCHUMM, S. A. River response to baselevel change: Implications for sequence stratigraphy. **Journal of Geology**, v. 101, p.279-294. 1993.

SCHNEIDER, M. O. **Bacia do Rio Uberabinha: Uso agrícola do solo e meio ambiente**. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. 157p.

SILVA, C. **Evolução geológica da Faixa Brasília na região de Tapira, sudoeste de Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2006. 218p.

SILVA, L.; VALE, G.; HAIDAR, R.; STERNBERG, S. Deciphering earth mound origins in central Brazil. **Plant Soil**, v. 336, p.3-14. 2010.

THOMPSON, C., BETTIS, E.; BAKER, R. Geology of Iowa Fens. **Journal of Iowa Academy of Science**, v. 99, n. 2-3, p.53-59. 1992.

TOOTH S, MCCARTHY T. S. Wetlands in drylands: geomorphological and sedimentological characteristics, with emphasis on examples from southern Africa. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**. v.31, n.1, p.3-41. 2007.

UHLEIN, A.; FONSECA, M.; SEER, H.; DARDENNE, M. Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília. **Geonomos,** v. 20, n.2, p.1-14. 2013.

VALERIANO C.; DARDENNE M.; FONSECA M.; SIMÕES L; SEER H. A evolução tectônica da Faixa Brasília. *In:* V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves (eds). **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução e obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Beca, São Paulo, p.575-593. 2004.

DATAÇÃO POR LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (OSL) DE DEPÓSITOS FLUVIAIS NO MÉDIO RIO PURUS, SUDOESTE DA AMAZÔNIA

Eduardo Larotonda Telezynski Lopes
Carlos Mazoca
Caio Breda
Ian Aitor Del Rio García
André Oliveira Sawakuchi
Renato Paes de Almeida, Cristiano Galeazzi
Fabiano do Nascimento Pupim

1. Desafios

O principal desafio desse projeto de pesquisa é a obtenção de idade OSL robustas para depósitos sedimentares do Rio Purus, uma vez que esses são constituídos por grãos de quartzo de origem andina, caracterizados por sinais OSL de baixa sensibilidade (Sawakuchi et al., 2018). Outros desafios estão relacionados à obtenção de amostras sedimentares representativas dos terraços mapeados, por conta das dificuldades de acesso e falta de afloramentos naturais ou cortes de estrada.

2. Objetivos

O objetivo fundamental dessa pesquisa é organizar dados geomorfológicos e sedimentológicos regionais em conjunto com a aplicação de técnicas de luminescência opticamente estimulada (OSL) para a estimativa de idades de deposição de sedimentos e formação de terraços e planície fluvial no médio rio Purus, região de Boca do Acre (AM), sudoeste da Amazônia. Esses dados servirão de base para a construção de um modelo paleogeográfico para o rio Purus durante o Quaternário Tardio.

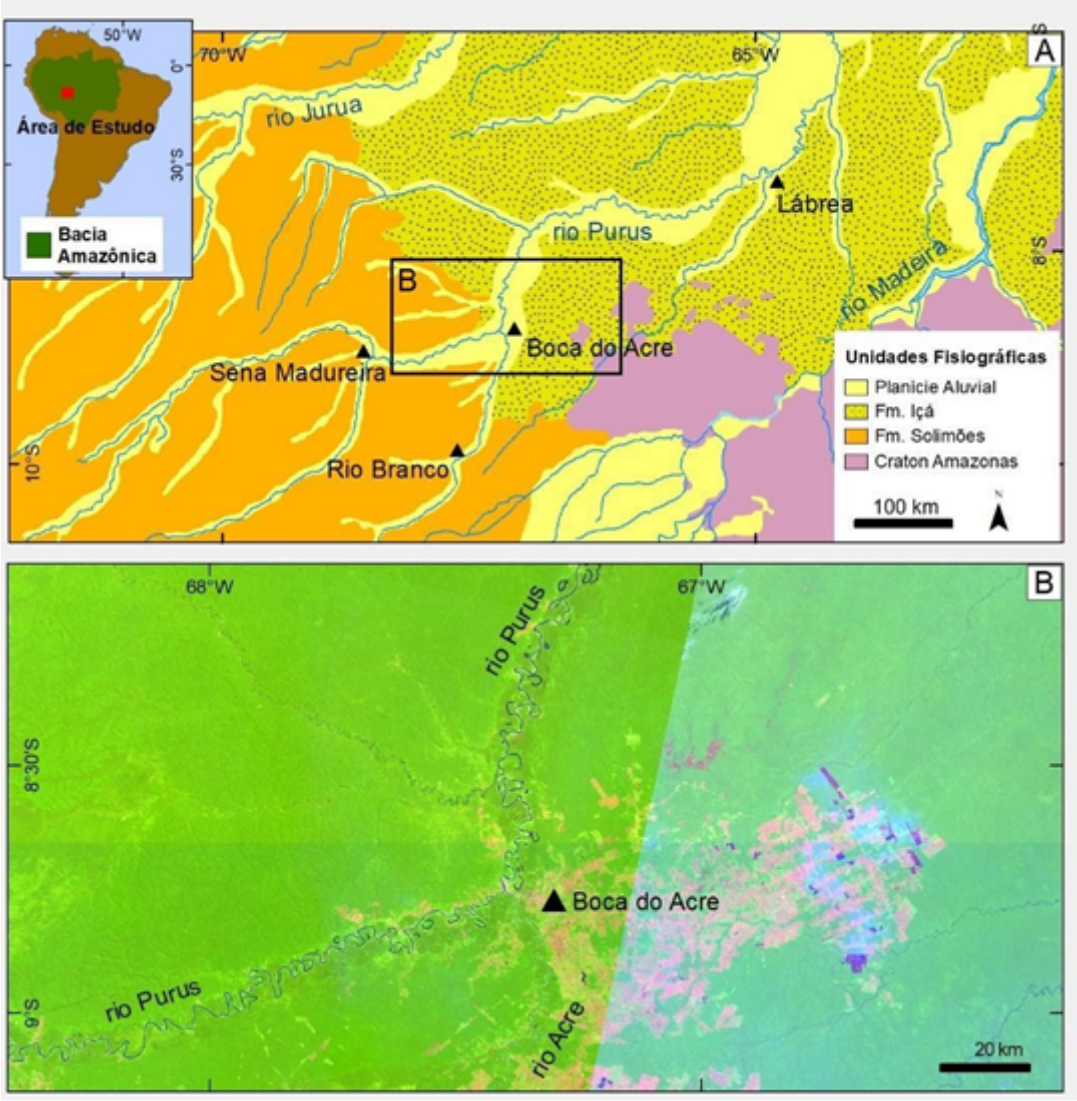


Figura 1

3. Problemática

Os estudos com enfoque nos sistemas fluviais que drenam exclusivamente as terras baixas do sudoeste da Amazônia são escassas, com poucos dados cronológicos e concentrados no alto curso dos rios Juruá e Purus (Latrubesse & Ramonell, 1994; Latrubesse & Rancy, 1998; Latrubesse & Kalicki, 2002). Consequentemente, surgem alguns questionamentos: 1) Quais são os fatores alogênicos e/ou autogênicos mais importantes para a evolução desses sistemas?; 2) Quais as escalas temporais e espaciais que eles atuam?; 3) Mudanças na precipitação e na cobertura vegetal durante o Quaternário afetaram os rios amazônicos de maneira homogênea e sincrônica? A hipótese geral de trabalho é que a configuração atual dos sistemas fluviais amazônicos está intimamente ligada às mudanças climáticas ocorridas durante o Quaternário Tardio. No entanto, dados paleoambientais indicam que o padrão de precipitação e vegetação não foi homogêneo em toda a região drenada pelos rios amazônicos nos últimos 100 ka.

4. Proposta metodológica

As estratégias utilizadas consistem em organização de dados geomorfológicos e sedimentares existentes, análise granulométrica e aplicação de técnicas de datação por luminescência opticamente estimulada (OSL) para determinação da idade de soterramento de sedimentos.

Os dados geomorfológicos serão processados em ambiente de sistema de informação geográfica ArcGIS para a elaboração do mapa geomorfológico. As informações do mapa serão relevantes para a distinção dos níveis de terraços e da planície fluvial. A partir dos dados sedimentares provenientes de trabalho de campo, realizado em outubro/2019, foram elaboradas seções estratigráficas detalhadas que possibilitam a caracterização de fácies sedimentares com base nas características litológicas, granulometria, grau de seleção e de arredondamento dos grãos, estruturas sedimentares, geometria dos estratos, fósseis e coloração (Walker & James, 1992).

A Luminescência Opticamente Estimulada é um método cronológico que se baseia na exposição dos sedimentos a radiação natural de elementos como U, Th e K ao longo do tempo em que os grãos estiveram soterrados, e a medida de energia absorvida pelos minerais por ano fornece a taxa de dose ambiental. Se o sedimento for exposto à luz solar, a energia acumulada será liberada e o sinal de luminescência será esgotado. Portanto, a idade de OSL em ambiente fluvial registra geralmente o último momento de exposição dos grãos da superfície. A partir desse conceito, serão datadas cerca de dez amostras no laboratório de Espectrometria Gama e Luminescência (LEGaL), Instituto de Geociências (IGc/USP). A estratégia utilizada para seleção de amostras levou em consideração a posição topográfica dos depósitos estabelecida pelo mapeamento geomorfológico, posição estratigráfica das secções amostradas e trabalho de campo. Espera-se datar pelo menos duas amostras por seção sedimentar, uma na base e outra ao topo da seção. Este procedimento permite inferir a idade dos eventos de agradação.

5. Referencial teórico

O conhecimento da dinâmica fluvial de longo prazo (103-106 anos) é fundamental para a compreensão das mudanças climáticas e tectônicas uma vez que os sistemas fluviais são extremamente sensíveis a essas variações (Wolman & Miller, 1960; Leopold et al., 1964; Schumm, 1977). A mudança desses fatores externos promove modificações na vazão e no transporte e acúmulo de sedimentos de forma a construir terraços e planícies fluviais (Bull, 1991; Antoine et al., 2000; Bridgland & Westaway, 2008). Assim, a partir de dados sedimentológicos e

morfológicos acoplados a datações numéricas, torna-se possível compreender as respostas dos sistemas fluviais frente a mudanças ambientais ocorridas no passado, principalmente durante o Quaternário Tardio (Thomas & Thorp, 1995; Pazzaglia, 2013; Bridgland & Westaway, 2014).

A América do Sul é o continente cujos grandes rios são os mais representativos, dominando a maior parte da superfície terrestre (Latrubesse et al., 2005). O sistema fluvial do rio Amazonas é o maior deles, drenando cerca de um terço do continente e abrigando a biodiversidade mais rica do planeta (Pimm et al., 2014). Portanto, conhecer a evolução geológica desse sistema torna-se fundamental para a obtenção de informações sobre a sensibilidade dos grandes rios tropicais frente às mudanças ambientais passadas, que são essenciais para testar e refinar modelos preditivos, além de possibilitar insights sobre a relação da história geológica e a evolução da biota (Ribas et al., 2011; Pupim et al., 2019).

Referências

Antoine, P., Lautridou, J. P., & Laurent, M. (2000). Long-term fluvial archives in NW France: response of the Seine and Somme rivers to tectonic movements, climatic variations and sea-level changes. Geomorphology, 33(3-4), 183-207.

Bridgland, D., & Westaway, R. (2008). Climatically controlled river terrace staircases: a worldwide Quaternary phenomenon. Geomorphology, 98(3-4), 285-315.

Bridgland, D., & Westaway, R. (2014). Quaternary fluvial archives and landscape evolution: a global synthesis. Proceedings of the Geologists' Association, 125(5-6), 600-629.

Brito, R.C (2019). Aplicação de Modelos Digitais de Elevação no Mapeamento de Terraços Fluviais no Rio Purus, Sudoeste da Amazônia.

Bull, W. B. (1991). Geomorphic responses to climatic change. Blackburn Press, 326 p.

Bush, M. B., Gosling, W. D., & Colinvaux, P. A. (2011). Climate and vegetation change in the lowlands of the Amazon Basin. In Tropical Rainforest Responses to Climatic Change (pp. 61-84). Springer, Berlin, Heidelberg.

Cheng, H., Sinha, A., Cruz, F. W., Wang, X., Edwards, R. L., d'Horta, F. M., ... & Auler, A. S. (2013). Climate change patterns in Amazonia and biodiversity. Nature communications, 4, 1411.

Häggi, C., Chiessi, C. M., Merkel, U., Mulitza, S., Prange, M., Schulz, M., & Schefuß, E. (2017). Response of the Amazon rainforest to late Pleistocene climate variability. Earth and Planetary Science Letters, 479, 50-59.

Latrubesse, E. M. & Kalicki, T. (2002). Late Quaternary palaeohydrological changes in the upper Purus basin, southwestern Amazonia, Brazil. Zeitschrift fur Geomorphologie Supplementband, 41-59.

Latrubesse, E. M. & Ramonell, C. G. (1994). A climatic model for southwestern Amazonia in last glacial times. Quaternary international, 21, 163-169.

Latrubesse, E. M., & Franzinelli, E. (2002). The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. Geomorphology, 44(3-4), 241-257.Latrubesse, Edgardo M.; Franzinelli, Elena. The late Quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil: Implications for island and floodplain formation in large anabranching tropical systems. Geomorphology, v. 70, n. 3-4, p. 372-397, 2005.

Latrubesse, E. M., & Rancy, A. (1998). The late Quaternary of the Upper Juruá River, southwestern Amazonia, Brazil: geology and vertebrate paleontology. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, 11(2).

Latrubesse, E. M., Stevaux, J. C., & Sinha, R. (2005). Tropical rivers. Geomorphology, 70(3), 187-206.

Leopold, L. B., Wolman, M. G., & Miller, J. P. (1964). Fluvial Processes in Geomorphology. W.H. Freeman and Co.: San Francisco, CA; 544.

Pazzaglia, F. J. (2013). Fluvial terraces. Treatise on geomorphology, 379-412.

Pimm, SL, CN Jenkins, R Abell, TM Brooks, JL Gittleman, LN Joppa, PH Raven, CM Roberts, JO Sexton (2014) The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. Science 344(6187): 1246752.

Pupim, F. N., Sawakuchi, A. O., Almeida, R. P., Ribas, C. C., Kern, A. K., Hartmann, G. A., ... & Grohmann, C. H. (2019). Chronology of Terra Firme formation in Amazonian lowlands reveals a dynamic Quaternary landscape. Quaternary Science Reviews, 210, 154-163.

Rhodes, E. J. (2011). Optically stimulated luminescence dating of sediments over the past 200,000 years. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 39, 461-488.

Ribas, C. C., Aleixo, A., Nogueira, A. C., Miyaki, C. Y., & Cracraft, J. (2011). A palaeobiogeographic model for biotic diversification within Amazonia over the past three million years. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 279(1729), 681-689.

Sawakuchi, A. O., Jain, M., Mineli, T.D., Nogueira, L., Bertassoli Jr, D.J., Haggi, C., Pupim, F.N., Grohmann, C.H., Chiessi, C.M., Zabel, M., Mulitza, S., Mazoca, C.E.M., Cunha, D.F. (2018). Luminescence of quartz and feldspar fingerprints provenance and correlates with the source area denudation in the Amazon River basin. Earth and Planetary Science Latters, 492, 152-162.

Schumm, S. A. (1977). The fluvial system (Vol. 338). New York: Wiley.

Thomas, M. F., & Thorp, M. B. (1995). Geomorphic response to rapid climatic and hydrologic change during the late Pleistocene and early Holocene in the humid and sub-humid tropics. Quaternary Science Reviews, 14(2), 193-207.

Walker, R.G. & James, N.P. (1992). Facies models: response to sea level change. Geological Association of Canada, Ontario, Canada, p. 454.

Wang, X., Edwards, R. L., Auler, A. S., Cheng, H., Kong, X., Wang, Y., ..., Chiang, H. W. (2017). Hydroclimate changes across the Amazon lowlands over the past 45,000 years. Nature, 541(7636), 204.

Wolman M.G. & Miller J.P. (1960). Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. Journal of Geology 68: 54–74.

Zhang, Y., Zhang, X., Chiessi, C. M., Mulitza, S., Zhang, X., Lohmann, G., Prange, M., Behling, H., Zabel, M., Govin, A., Sawakuchi, A. O., Cruz, F. W., Wefer, G. (2016). Equatorial Pacific forcing of western Amazonian precipitation during Heinrich Stadial 1. Scientific Reports, 6, 35866.

DINÂMICA DA PAISAGEM DO ALTO E MÉDIO RIO ABAETÉ, BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: UMA ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOMORFOLÓGICOS E PEDOLÓGICOS.

Fernanda de Oliveira Costa
Instituto Federal de Minas Gerais-Campus Ouro Preto
Rua Pandiá Calógeras, 898 - Bauxita - Morro do Cruzeiro, Ouro Preto - MG, 35400-000
E-mail:ferolivercosta@gmail.com
Liovando Marciano da Costa
Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos.
Universidade Federal de Viçosa
Campus Universitário
36570900 - Viçosa, MG – Brasil
E-mail: liovandomc@yahoo.com.br
Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer
Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos.
Universidade Federal de Viçosa
Campus Universitário
36570900 - Viçosa, MG – Brasil
E-mail: carlos.schaefer@ufv.br
Elpídio Inácio Fernandes Filho
Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos.

Universidade Federal de Viçosa
Campus Universitário
36570900 - Viçosa, MG – Brasil
E-mail: elpidio@ufv.br
José João Lelis Leal de Souza
Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos.
Universidade Federal de Viçosa
Campus Universitário
36570900 - Viçosa, MG – Brasil
E-mail: jjlelis@ufv.br

Resumo

A região fisiográfica do Alto Paranaíba, localizada no estado de Minas Gerais, é um importante divisor de águas entre as bacias dos rios São Francisco e Paraná. Nela encontra-se a bacia do rio Abaeté inserida, em um contexto geológico, geomorfológico e pedológico peculiar, onde encontra-se rochas sedimentares (Neoproterozoico) e vulcânicas (Era Mesozoica) mais antigas, em associação com superfícies de erosão detrito-lateríticas mais recentes (Era Cenozoica). A paisagem apresenta superfícies que variam de formas mais planas (chapadões) a formas mais onduladas (planaltos rebaixados e dissecados). Os solos podem ser mais bem desenvolvidos (Latossolos) ou pouco desenvolvidos (Cambissolos). Dentro desse contexto, objetiva-se oferecer uma contribuição ao melhor entendimento da relação relevo-solos da região/bacia em questão.

Palavras-chave: Dinâmica pedogeomorfológica da paisagem, alta e média bacia do rio Abaeté, alta bacia do rio São Francisco, alto Paranaíba Mineiro.

1. Introdução

A região do Alto Paranaíba, onde se insere a bacia do rio Abaeté, está associada a um contexto geológico diverso. Constatam-se rochas sedimentares e vulcânicas, sendo as últimas, relacionadas a eventos de magmatismo básico e ultra-básico do Cretáceo (Almeida, 1983).

A sequência estratigráfica é composta por rochas pelíticas do Grupo Bambuí (Neoproterozoico), pelos arenitos da Formação Areado (Mesozoico), pelos tufos vulcânicos e arenitos da Formação Mata da Corda (Mesozoico) e por uma superfície detrito-laterítica (Cenozoico) no topo. Geomorfologicamente a região compreende desde extensos chapadões a amplos vales que cortam camadas de tufos vulcânicos, arenitos e rochas pelíticas do Grupo Bambuí (Carmo, 1977).

Na tentativa de explicar a evolução local dessa superfície Carmo (1977) e Carmo *et al.,* (1984) propuseram um modelo teórico explicativo onde as extensas feições tabulares haviam sido formadas a partir de sedimentação eólica e fluvio-lacustre de arenitos depositados sobre rochas pelíticas do Grupo Bambuí.

Ainda de acordo com Carmo (1977) e Carmo *et al.,* (1984) quando da ocorrência de um clima úmido, a dissecação da paisagem se deu como consequência do encaixe da rede de drenagem. Posteriormente a sedimentação dos arenitos, ocorreram manifestações vulcânicas, que resultaram em um preenchimento das partes dissecadas, originando tufos vulcânicos que represaram a drenagem, favorecendo um ambiente deposicional e lacustre.

Os autores destacam que a sequência estratigráfica da região evidencia diferentes patamares de erosão na paisagem e que as couraças lateríticas, que se mantém em saliência na paisagem, ainda promovem a preservação de antigas superfícies de erosão.

As feições do relevo e os tipos de solos são muito diversificados devido a essa heterogeneidade litológica. As classes predominantes, nas superfícies tabulares, são os Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos. Os Latossolos Vermelhos, da mesma forma, localizam-se nessas superfícies, mas em menores proporções na paisagem quando comparados aos Latossolos Amarelo e Vermelho – Amarelo (Costa, 2009). De acordo com Carmo *et al.,* (1984), os Latossolos Vermelhos são encontrados, também, em áreas íngremes da paisagem.

Sendo assim, objetiva-se oferecer uma contribuição ao melhor e mais amplo entendimento da relação relevo-solos da região destacada, a partir da utilização de ferramentas de geoprocessamento e de trabalho de campo, para compreender melhor as observações realizadas, inicialmente em Latossolos, por Carmo (1977).

1.1 Localização da Área de Estudo

Para a realização deste estudo, foi selecionada uma porção da bacia hidrográfica do rio São Francisco- a sub bacia do alto e médio rio Abaeté – por representar um contexto de grande variação geológica e pedogeomorfológica, onde a expressão dos fenômenos erosivos é destacada.

A área do presente estudo situa-se na região ocidental do estado de Minas Gerais, de coordenadas UTM 23K 360.000 e 7.860.000 m, abrangendo os municípios de Rio Paranaíba, São Gotardo, Matutina, Arapuá, Carmo do Paranaíba, Tiros, Lagoa Formosa e Patos de Minas (Figura 1).

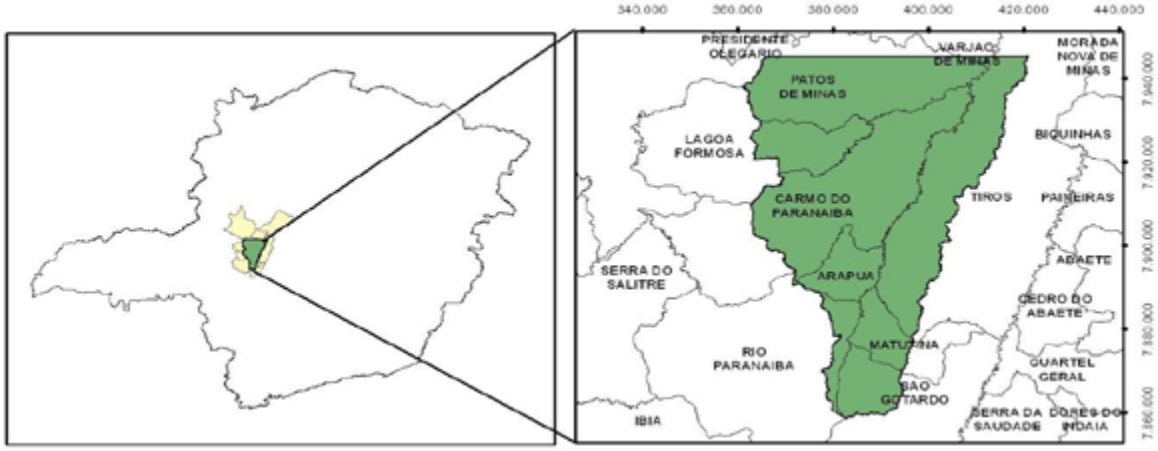


FIGURA 1: Localização da porção superior e média da bacia do rio Abaeté.
Fonte: Costa, 2009.

2. Material e Métodos

Com o intuito de compreender e relacionar diversas características da área estudada foram gerados os seguintes mapas temáticos: geologia, geomorfologia, modelo digital de elevação (MDE), solos e declividade todos na escala de 1:300.000. Para o mapa de geomorfologia e de solos foram extraídos padrões da imagem de satélite SRTM, através de digitalização.

Para a geração dos demais mapas foram utilizadas imagens SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) da Nasa (Jarvis *et al.,* 2008) e base de dados de hidrografia da ANA (Agência Nacional de Águas) e municípios do Geominas.

É importante salientar que no presente trabalho serão priorizados, para a realização das discussões, os mapas modelo digital de elevação, solos e declividade. Demais mapas temáticos poderão ser encontrados no trabalho de Costa (2009).

Na obtenção de dados e formação de banco de dados foi utilizado o Arc Gis®, versão 9.3 do ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). Na etapa de digitalização dos mapas foi utilizada uma mesa digitalizadora em tamanho A0.

As observações de campo foram fundamentais para a identificação das diversas feições do relevo e para o georreferenciamento da área pesquisada. Esse foi feito através do uso de GPS de navegação (*Garmim Plus Etrex*).

Os mapas foram gerados sobre a base do MDE, o que permitiu que fosse extraída a base altimétrica da área, composta de curvas de nível distanciadas de 20 e 20 m, possibilitando a identificação e interpretação de geoformas presentes na área delimitada para estudo.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise de dados geomorfológicos e pedológicos integrados do alto e médio rio Abaeté.

A geologia da área de estudo é composta por litologias neoproterozoicas (Grupo Bambuí), mesozoicas (Formação Areado e Formação Mata da Corda) e cenozoicas (coberturas detrito-lateríticas) (Costa, 2009).

De acordo com Costa (2009), do ponto de vista geomorfológico, os tipos de modelados identificados na bacia do alto e médio rio Abaeté são basicamente: chapadões e superfícies fracamente dissecados, encostas ravinadas de chapadão, planaltos rebaixados e dissecados e vales encaixados.

A área de estudo compreende extensos chapadões na altura dos municípios de São Gotardo e Rio Paranaíba, assim como superfícies tabulares e amplos vales na altura do município de Patos de Minas, que truncam camadas sub-horizontais de arenitos e de tufos vulcânicos da Formação Mata da Corda.

Atualmente, os principais cursos d'água da região como os rios Abaeté, Areado e o ribeirão São Bento, correm encaixados sobre falhas e sobre rochas pelíticas do Grupo Bambuí (Costa, 2009).

O Embasamento Cristalino, na base da sequência estratigráfica, ainda não foi alcançado pelos processos erosivos que atuaram na morfogênese e dissecação da paisagem, devido ao pacote de rochas sedimentares encontradas acima dele (Costa, 2009).

Quando se comparou, para cada classe litológica, a densidade de drenagem dos canais, Costa (2009) constatou uma diferenciação entre o Grupo Bambuí, constituído por rochas mais resistentes, e as Formações Areado e Mata da Corda, sendo a última composta por um conjunto de rochas heterogêneas (tufos, piroclásticas e arenitos) e mais friáveis.

A rede de drenagem relacionada as rochas pelíticas apresenta um comprimento de cursos d'água maior (1979.157 km) quando relacionada às Formações Areado e Mata da Corda (405.233 km e 494.328 km, respectivamente). Esse fato resultou em dois geoambientes bastante distintos, compostos por rochas com resistências diferenciadas à erosão, o que originou classes de solos, como os Latossolos (chapadões) e os Cambissolos (planaltos dissecados), com dinâmicas erosivas diversificadas, compondo a paisagem do médio e alto rio Abaeté.

Ao longo dos divisores de água entre as bacias do Paraná e São Francisco ocorrem vastos chapadões preservados, sua maior distribuição, na área de estudo, está entre os municípios de Rio Paranaíba, São Gotardo, Carmo do Paranaíba, no alto rio Abaeté, e em Lagoa Formosa e Patos de Minas, no médio rio Abaeté. Ao analisar o modelo digital de elevação (MDE) (Figura 2) constatou-se que as superfícies tabulares (chapadões) possuem altitudes que variam entre 1.000 e 1.200 m.

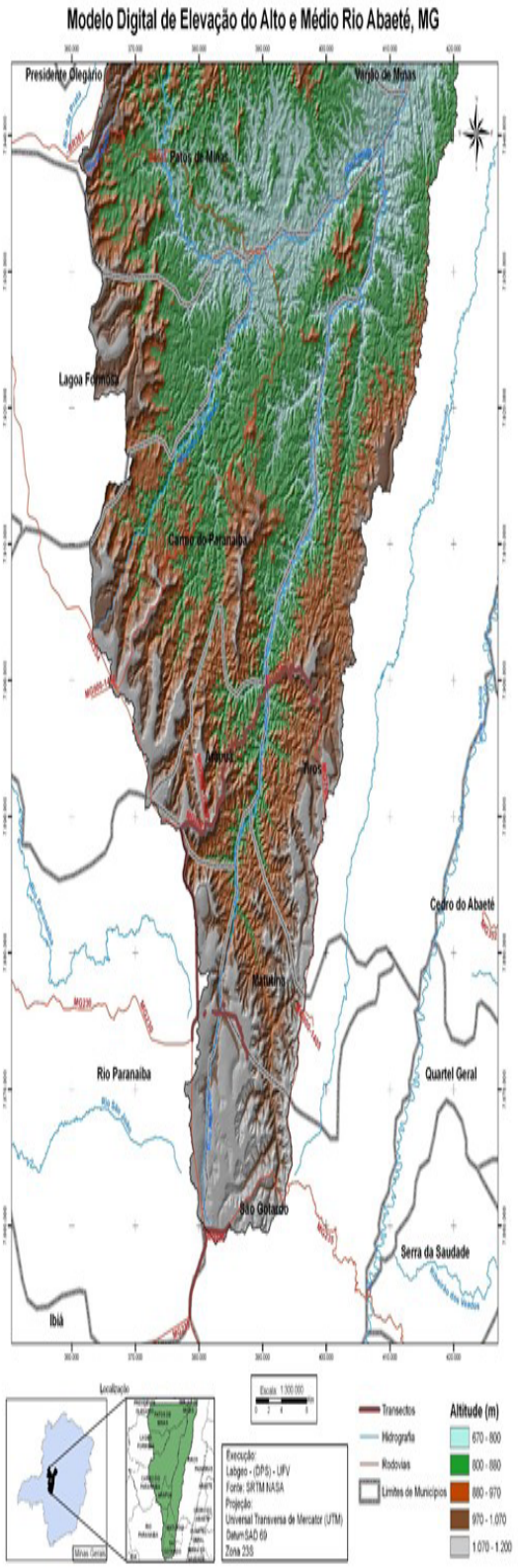


FIGURA 2: Modelo Digital de Elevação do Alto e Médio Rio Abaeté (MDE).

De acordo com a análise do MDE (Figura 2), na faixa correspondente entre os municípios de Lagoa Formosa e Patos de Minas, as chapadas se encontram menos preservadas quando comparadas com as demais ocorrências. As áreas de superfícies tabulares fracamente dissecadas estão associadas ao Latossolo Vermelho e uma pequena faixa de Latossolo Vermelho-Amarelo nas áreas mais elevadas.

Os planaltos rebaixados e dissecados estão grandemente associados aos Cambissolos Háplicos. As superfícies cobertas por Latossolo Vermelho (Figura 2 e 3) exibem maior dissecação (altitudes variando entre 960 e 1200 m), em relação ao Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo, evidenciando uma maior erodibilidade deste solo derivado de tufos vulcânicos.

Como o soerguimento do Alto Paranaíba é relativamente recente, o processo erosivo instalado ainda não foi suficiente para evadir as coberturas tufáceas da Formação Mata da Corda, que se encontram relativamente preservadas pela extensa latossolização que sofreram (Rolim Neto, 2002).

A ampla faixa de Cambissolos (Figura 3) formada a partir das rochas pelíticas, como citado anteriormente, são geralmente resistentes à infiltração da água, devido a sua elevada coesão (Costa, 2009). A erosão mecânica, dessa forma, prevalece em relação ao intemperismo geoquímico, estando os Cambissolos localizados em um compartimento da paisagem, em que os processos morfodinâmicos são maiores, associados a amplitudes altimétricas e declividades elevadas (Quadros 1 e 2), originando um ambiente mais dissecado, com solos jovens, devido a constante renovação pedogenética.

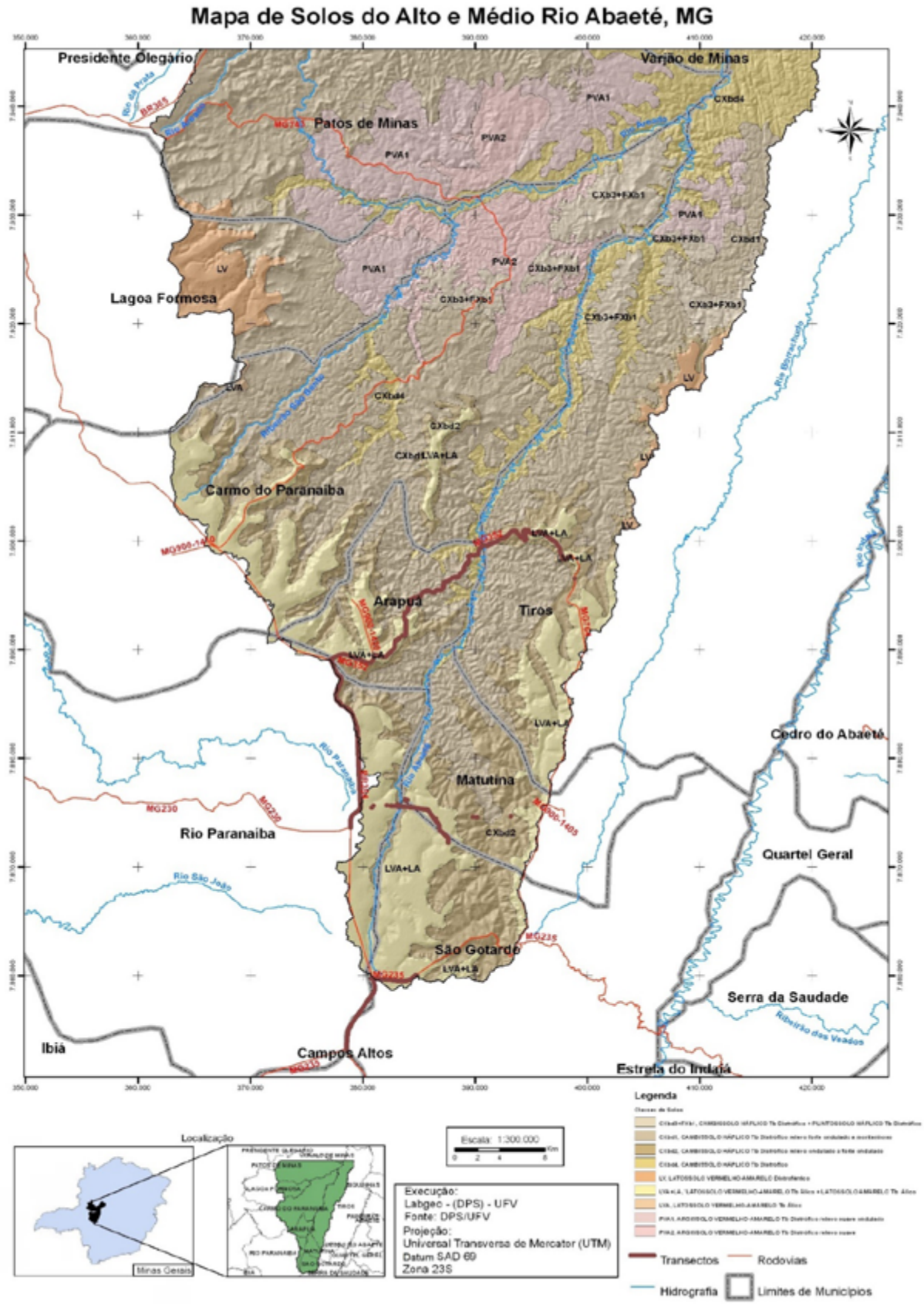


FIGURA 3: Mapa de Solos do Alto e Médio Rio Abaeté.

Costa (2009) destaca que após realizar a análise das unidades de mapeamento de solos e relacioná-las as declividades mínima, média e máxima, constatou-se que as classes de Latossolos assim como a dos Cambissolos, estão localizados em altitudes elevadas, geralmente superiores a 1000 m.

Nas proximidades do município de Varjão de Minas, o rio Abaeté abre um amplo anfiteatro erosivo, com relevo suave a suave ondulado, de vales encaixados, associado a Argissolos, sendo que, predominantemente, nas áreas de baixas e médias declividades (3 a 8 % e 8 a 20%) – (Figura 4) (Quadro 2). Já as feições de relevos residuais, apresentam Cambissolos associados aos Plintossolos (observação de campo).

QUADRO 1. Classes de solos em função das altitudes máxima, média e mínima do alto e médio rio Abaeté

Solos (1)	Área	Altitude			
	ha	m			
		Máxima	Média	Mínima	Amplitude
CXbd1	115.88	1104	893	778	326
CXbd2	30.641	1186	1013	833	355
CXbd3+FXb1	15.954	1017	871	731	286
CXbd4	37.629	930	795	671	259
PVA1	28.516	919	822	749	161
PVA2	18.040	880	803	740	140
LVA	338	1103	1017	906	197
LV	8.897	1118	1036	917	201
LVA+LA	30.646	1199	1098	922	277

(1) CXbd1 = Cambissolo Háplico Tb distrófico, relevo forte ondulado a montanhoso; CXbd2 = Cambissolo Háplico Tb distrófico, relevo ondulado a forte ondulado; CXbd3 + FXb1= Cambissolo Háplico Tb distrófico + Plintossolo Háplico distrófico; CXbd4 = Cambissolo Háplico Tb distrófico; LV = Latossolo Vermelho; LVA + LA = Latossolo Vermelho Amarelo Tb álico + Latossolo Amarelo Tb álico; LVA = Latossolo Vermelho Amarelo Tb álico; PVA1 = Argissolo Vermelho Amarelo Tb distrófico, relevo suave ondulado; PVA = Argissolo Vermelho Amarelo Tb distrófico, relevo suave.

QUADRO 2. Classes de solos em função das classes de declividade do alto e médio rio Abaeté

Solos (1)	Declividade				
	0-3	3-8	8-20	20-45	45-75
	%				
CXbd1	3.09	19.10	56.00	20.51	0.62
CXbd2	3.04	11.32	52.53	33.09	0.62
CXbd3+FXb1	3.39	21.61	63.39	11.53	0.09
CXbd4	3.75	17.98	56.73	21.45	0.09
PVA1	7.58	33.67	51.08	6.67	0.00
PVA2	5.22	25.24	59.99	9.54	0.00
LVA	1.09	4.58	32.66	61.35	0.22
LV	12.81	31.21	40.72	16.03	0.43
LVA+LA	24.84	27.52	35.50	12.93	0.00

(1) CXbd1 = Cambissolo Háplico Tb distrófico, relevo forte ondulado a montanhoso; CXbd2 = Cambissolo Háplico Tb distrófico, relevo ondulado a forte ondulado; CXbd3 + FXb1= Cambissolo Háplico Tb distrófico + Plintossolo Háplico distrófico; CXbd4 = Cambissolo Háplico Tb distrófico; LV = Latossolo Vermelho; LVA + LA = Latossolo Vermelho Amarelo Tb álico + Latossolo Amarelo Tb álico; LVA = Latossolo Vermelho Amarelo Tb álico; PVA1 = Argissolo Vermelho Amarelo Tb distrófico, relevo suave ondulado; PVA = Argissolo Vermelho Amarelo Tb distrófico, relevo suave.

A classe dos Latossolos apresenta amplitudes altimétricas geralmente menores do que quando comparadas aos Cambissolos com amplitudes superiores (Quadro 1). Esse fato pode ser explicado devido as diferenças altimétricas dos topos até o fundo dos vales nas áreas mais dissecadas, associadas a declividades mais elevadas e maiores densidades de drenagem, evidenciando uma paisagem com morfodinâmica elevada, originando solos jovens e rasos.

Esse processo favorece a instalação de feições erosivas nas áreas mais íngremes devido as características do manto pedológico e a maiores energias potenciais das partículas, da cota máxima (topo) a cota mínima (fundo do vale) influenciando no desencadeamento dos processos erosivos.

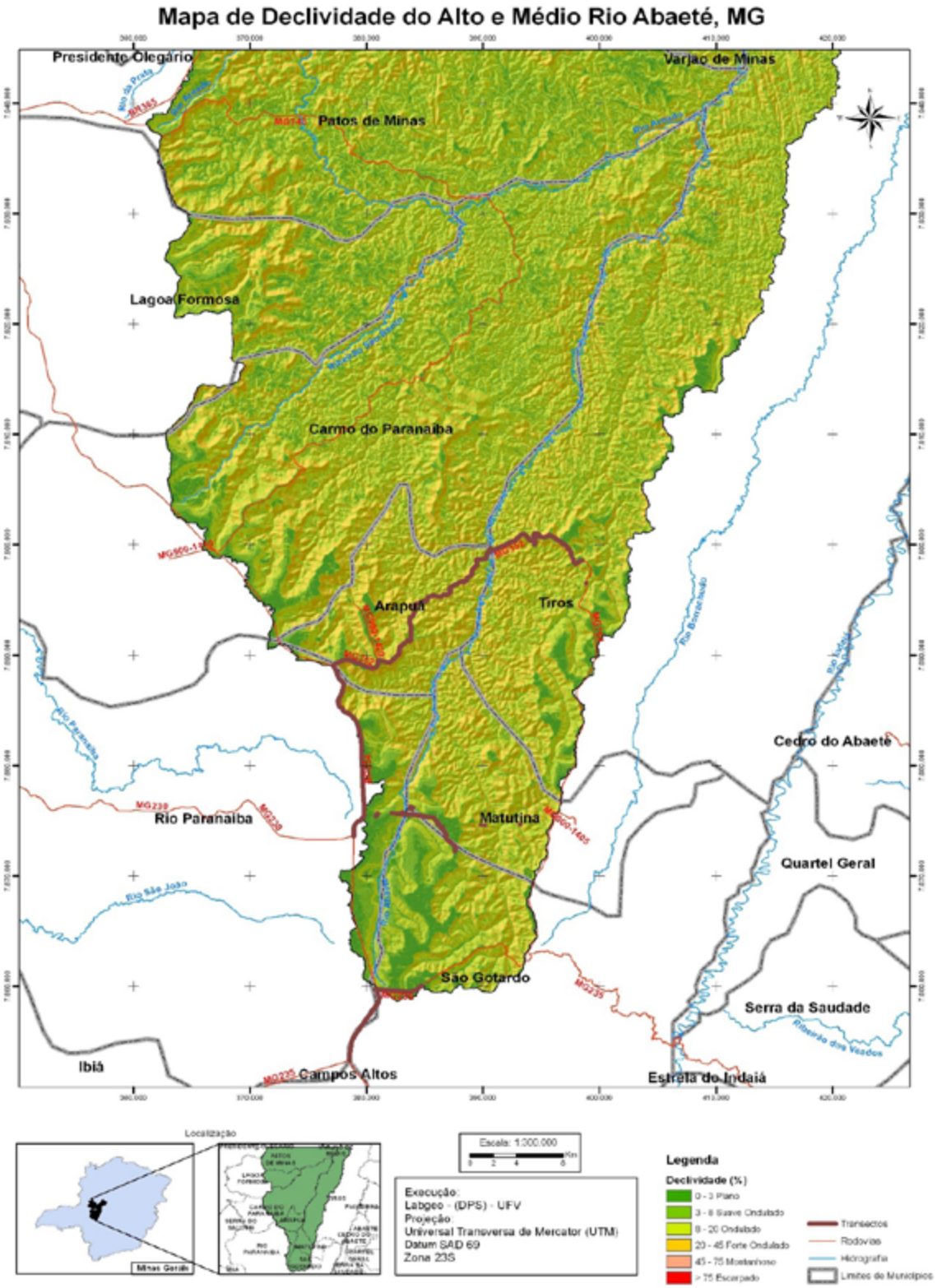


FIGURA 4: Mapa de Declividade do Alto e Médio Rio Abaeté.

Os Latossolos (LVA, LV e LVA+LA), de modo geral, ocupam uma área menor na bacia do alto e médio Abaeté (47.881 hectares) estando associados a declividades que variam entre 0 e 61,35% (Figura 4) (Quadro 2). Quando observadas as altitudes (Quadro 1) verifica-se a ocorrência dessa classe associada a altitudes superiores a 900 m.

Os Cambissolos (CXbd1, CXbd2, CXbd3 e CXbd4), de modo geral, ocupam uma vasta área da bacia (208.095 hectares) do alto e médio rio Abaeté, estando muito associados a declividades que variam entre 8 a 45 % (Figura 4) -(Quadro 2). Quando observadas as altitudes (Quadro 1) verifica-se uma grande variabilidade na ocorrência desta classe. Os CXbd1 e CXbd3 predominam em altitudes entre 850 a 900 m, com declividades variando de 8 a 45 % (Quadro 2), associados geomorfologicamente às encostas ravinadas de chapadões e planaltos rebaixados e dissecados, respectivamente de acordo com Costa (2009).

Ao analisar as classes de solos em função das faixas de declividade Costa (2009) destaca que a ocorrência do CXbd2 está associada aos relevos residuais na paisagem e a altitudes que variam entre 1000 e 1200 m. O mesmo CXbd2 está associado a declividades que variam de 8 a 45 % (Quadro 2). O CXbd4 assim como o PVA2, ocorre em altitudes que variam entre 670 a 800 m, com declividades variando também entre 8 a 45 %, correspondentes, aos vales encaixados do alto e médio rio Abaeté (Quadro 2).

É interessante salientar que comumente os Cambissolos são utilizados na agricultura extensiva. Já os solos localizados nos chapadões, são utilizados na agricultura intensiva. Muitas vezes, na agricultura extensiva, os solos são preparados com aração do tipo “morro abaixo”, o que combinado com solos jovens derivados de materiais de origem friáveis e heterogêneos, propiciam o desencadeamento de processos erosivos recentes, esta condição foi verificada principalmente nos estudos realizados, no transecto Arapuá – Tiros (Figura 3), por Costa (2009), via observação em campo.

4. Considerações Finais

O cenário geológico da área investigada corresponde a uma sequência de rochas vulcano-sedimentares, depositadas em diferentes períodos geológicos, composta por rochas resistentes, em uma região soerguida durante a era Mesozoica.

Após o soerguimento sobrevieram períodos de calma tectônica, condição necessária para que houvesse a formação de superfícies de aplainamento, o que possibilitou dessa forma, a formação de extensas superfícies aplainadas no Brasil Central, em destaque neste trabalho, para o Alto Paranaíba mineiro, sendo submetidas ao intenso processo denudacional.

A geomorfologia da área de estudo exibe feições compostas por chapadas aplainadas, formas onduladas e superfícies de erosão. Os remanescentes tabulares ainda preservados na paisagem distribuem-se em forma de mesas recobertas por uma superfície detrítica, quando da presença de material laterítico nas bordas desses remanescentes.

Do ponto de vista da dinâmica da paisagem tem-se dois grandes geoambientes distintos: as chapadas, com seus Latossolos bem desenvolvidos fisicamente, derivados de tufos e arenitos da Formação Mata da Corda, e os planaltos rebaixados e dissecados, com seus Cambissolos, jovens, derivados de rochas pelíticas do Grupo Bambuí.

Nas áreas tabulares a densidade de drenagem é menor, as declividades são menores e altitudes maiores, os planaltos rebaixados possuem densidade de drenagem maior, maiores declividades, porém altitudes menores. Essa última unidade de mapeamento geomorfológico apresenta formas mais dissecadas e os processos erosivos mecânicos encontram-se em plena evolução.

Na área investigada nesse estudo, os Latossolos Vermelho-Amarelo e Amarelo estão associados a uma ampla faixa de chapadões nos municípios de Rio Paranaíba e São Gotardo, intensamente cultivados.

Agradecimentos

A autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de sua bolsa de mestrado.

Referências

ALMEIDA, F.F.M. Relações tectônicas das rochas alcalinas Mesozóicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. **Revista Brasileira de Geociências**, 13 (3): 139-158, 1983.

ANA - **AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS.** Disponível em: < http://www.ana.gov.br/mapainicial/pgMapaG.asp>. Acesso em: 22 out. 2008.

CARMO, D.N. **Caracterização, gênese e uso de Latossolos sob cerrado no município de Rio Paranaíba – MG.** Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1977. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

CARMO, D.N.; CURI, N. & RESENDE, M. Caracterização e gênese de Latossolos da Região do Alto Paranaíba – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 8:235-240, 1984.

COSTA, F.O. **Dinâmica da paisagem na região do alto rio Abaeté, bacia do rio São Francisco.** Universidade Federal de Viçosa, 2009. 94p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

JARVIS, A.H.I.; REUTER, A. N.; GUEVARA, E. **Hole-filled seamless SRTM data V3. International Centre For Tropical Agriculture (CIAT)**, Disponível em: <http://srtm.csi.cgiar.org.> Acesso em: 15 maio 2008.

ROLIM NETO, F.C. **Gênese, química, mineralogia de topolitossequência de solos do Alto Paranaíba, MG**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 143p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

DUAS COMPREENSÕES GEOMORFOLÓGICAS DA APA MACAÉ DE CIMA (RJ): UM ENSAIO SOBRE ETNOGEOMORFOLOGIA

Giovani Carmelo Guimarães Barreto
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rua Athos da Silveira Ramos, 274, Bloco I, sala 24
Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21941-916
giovani.barreto96@gmail.com
Guilherme Hissa Villas Boas
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rua Athos da Silveira Ramos, 274, Bloco I, sala 24
Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21941-916
guilherme.hissa@igeo.ufrj.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo comparar duas compreensões geomorfológicas da APA Macaé de Cima: uma científica e outra etnográfica, com os agricultores tradicionais. Para a primeira foram analisados os mapeamentos geomorfológicos e suas metodologias. Já na segunda fora utilizada a etnogeomorfologia, campo do conhecimento que estuda a compreensão dos grupos sociais acerca dos processos atuantes sobre o relevo, suas aplicações e, portanto, da dinâmica da paisagem. Os resultados apontam que a compreensão científica se baseia em produtos de sensoriamento remoto e metodologias que direcionam a uma leitura limitada cartograficamente, porém com ampla possibilidade de aplicações. A visão etnogeomorfológica apresentou como características o empirismo e uma elevada integração entre os aspectos geomorfológicos, climáticos, pedológicos e ecológicos na compreensão da paisagem. Conclui-se que as duas metodologias não são excludentes, servindo como subsídio de forma integrada à gestão do território.

Palavras-chave: Etnociências; saber tradicional; percepção ambiental; geomorfologia ambiental; unidade de conservação.

1. Introdução

O conhecimento científico desenvolvido ao longo dos últimos séculos encontra-se em elevado grau de especialização e fragmentação. O que se observa é um fracionamento do saber em diversas áreas do conhecimento que geralmente pouco dialogam entre si, ainda que muitas vezes busquem compreender fenômenos semelhantes (CAPRA, 1982). Apesar dos avanços trazidos pela verticalização do conhecimento, ainda se observa uma dificuldade de compreender o todo, de maneira a conseguir contemplar todas as variáveis envolvidas. Os elementos da natureza atuam/operam de forma integrada, e os fenômenos que ocorrem sobre (e sob) a superfície terrestre, para serem compreendidos, demandam um conjunto de conhecimentos e metodologias que vão desde os matemáticos, atravessando os biológicos, geográficos, até os sociais, dentre outros inúmeros campos do saber. Apesar da crescente especialização nas áreas do conhecimento observada ao longo do século XX, ocorre atualmente uma busca pela compreensão holística e

integrada dos sistemas complexos utilizando-se de tais conhecimentos fragmentados e a partir do desenvolvimento de novas abordagens inter e transdisciplinares (CAPRA, 1982).

Na segunda metade do século XX surge a abordagem sistêmica, que viria a suprir essa verticalização, possibilitando a maior integração entre os inúmeros fatores envolvidos nas análises. Bertalanffy (1975) descreve o sistema como um conjunto de objetos e fenômenos que se relacionam entre si e operam juntos como uma entidade complexa. Já Morin (2000) o define como um grupo de elementos inter-relacionados constituindo uma entidade ou unidade global, afirmando, porém, que não basta que haja uma inter-relação entre os elementos, mas sim, é necessário que estes estejam relacionados em uma ideia de organização. Christofoletti (2002) ressalta a importância de uma abordagem holística sistêmica para a compreensão de entidades ambientais físicas, que, se expressando em organizações espaciais, estruturam-se e funcionam como unidades complexas distintas.

A compreensão da paisagem, objeto de estudo da geomorfologia, apresenta-se como um desafio diante das diversas variáveis que condicionam sua dinâmica e evolução. Bolós (1981) define a paisagem como um sistema complexo, uma vez que ela deve ser entendida como uma realidade integrada, na qual associam-se elementos abióticos, bióticos e, sobretudo, antrópicos. Para Goudie (1989) a paisagem é reflexo de muitos processos e sistemas complexos, que podem agir isoladamente e/ou interagir entre si, tanto espacial como temporalmente.

A geomorfologia ambiental, de acordo com Guerra e Marçal (2006), é uma dessas novas tentativas de se considerar em suas análises aspectos integrados de variados campos do saber, se apropriando de conhecimentos das ciências da natureza como geologia, pedologia, climatologia, ecologia, da própria geomorfologia "pura", assim como das ciências humanas ou sociais que se debruçam sobre aspectos culturais, econômicos e políticos que condicionam e são condicionados pela paisagem. Percebe-se, portanto, que a geomorfologia ambiental possui um enorme potencial de realizar pesquisas que abarquem um grande número de variáveis, uma vez que há, por parte dessa ciência, uma tentativa de abordar o máximo de fatores ambientais atuantes sobre a paisagem. A vasta gama de possíveis aplicações da geomorfologia ambiental se dá justamente pela capacidade de tal ciência em abranger um grande volume de conhecimentos de outras áreas do saber (uma visão holística da paisagem).

Ross (1990) afirma que ações antrópicas realizadas sobre o meio natural devem ser precedidas de uma rigorosa compreensão do ambiente que será alterado e das leis que regem o seu funcionamento, e para tal, é necessário que se realize diagnósticos ambientais precisos. Conhecendo-se com precisão o espaço a ser utilizado, seus usos poderão ser potencializados, sem que se comprometa sua qualidade e dinâmica. A crescente demanda sobre os recursos naturais acaba causando conflitos que surgem, ora por interesses sobrepostos, ora pelo próprio desconhecimento da dinâmica da paisagem. A gestão ambiental, que gira em torno da mediação de tais conflitos, deve levar em consideração que a aplicação exclusiva do conhecimento científico sobre a paisagem, quando se trata de territórios socialmente heterogêneos, não é suficiente (WILCOCK e BRIERLEY, 2012). A aplicação nomotética de conhecimentos científicos por vezes não atende aos grupos sociais que construíram seu conhecimento a partir do empirismo e da experiência passada ao longo de gerações. Isto é, diferentes grupos sociais compreendem as dinâmicas da paisagem de forma distinta daquelas construídas através do método científico e, portanto, se relacionam com o ambiente de maneira que podem causar conflitos caso não sejam compreendidos (VILLAS BOAS, 2017).

Portanto, para que haja a maior eficiência em projetos de gestão ambiental, tão fundamental quanto os saberes científicos acerca da paisagem, são as habilidades de diálogo entre os grupos sociais envolvidos nesses projetos para se identificar o "saber do outro" (RIBEIRO, 2015). Evitar conflitos entre gestores e populações afetadas por planos setoriais é um dos mais importantes passos para que haja êxito em programas de conservação ambiental e gestão territorial.

A partir do exposto, este trabalho tem como objetivo levantar duas formas de compreensão da paisagem geomorfológica de uma unidade de conservação de uso sustentável: a científica e a de um grupo social específico: os agricultores. Como objetivos específicos têm-se o levantamento e comparação dos critérios de diferenciação das áreas e das metodologias de análise dessas duas formas de leitura geomorfológica. Este trabalho procura dar ênfase à compreensão popular, a partir da ótica dos agricultores que ainda utilizam técnicas tradicionais de manejo da terra.

2. Área de estudo

A área de estudo selecionada para a realização desta pesquisa foi a Área de Proteção Ambiental Macaé de Cima (APAMC), localizada no estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Nova Friburgo e Casimiro de Abreu, ocupando uma área total de aproximadamente 350 km² (figura 1). Situada na vertente oceânica da Serra do Mar, a APAMC abrange uma região de altitudes elevadas, com locais que ultrapassam os 1500 metros, o que configura ao local um clima tropical de altitude, cuja temperatura varia entre 9,5° e 27°C, com uma temperatura média máxima anual de 24,3°C e uma mínima de 13,8°C (INEA, 2014).

A estrutura geológica da área, de acordo com Marçal *et al* (2015), é formada por rochas proterozóicas deformadas e metamorfizadas durante a orogênese brasiliana. As formações rochosas são fortemente orientadas segundo o *trend* estrutural NNE-SSW e NE-SW, com intrusões de rochas ígneas intrusivas neoproterozóicas a paleozóicas, e estruturada por grandes falhamentos regionais. A geomorfologia do local reflete a condição geológica, apresentando relevo escarpados e vales confinados, que condicionam um sistema hidrográfico encaixado. O mapeamento geomorfológico elaborado pelo INEA (2014), em escala 1:50.000, encontrou quatro feições geomorfológicas presentes na APAMC (Serras Escarpadas, Serras Isoladas e Locais, Morros e Colinas) que serão detalhadas mais adiante.

A APAMC está inserida em um dos mais representativos fragmentos de Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro. No local, observa-se a vegetação majoritariamente de Floresta Ombrófila Densa Submontana e Montana, que ocupa cerca de 75% da área da APAMC. Os outros 25% estão divididos entre a agricultura (24%) e uso urbano (1%). Na área habitam cerca de 8.000 pessoas, sendo 25% na área urbana e 75% no meio rural (VILLAS BOAS, 2017).

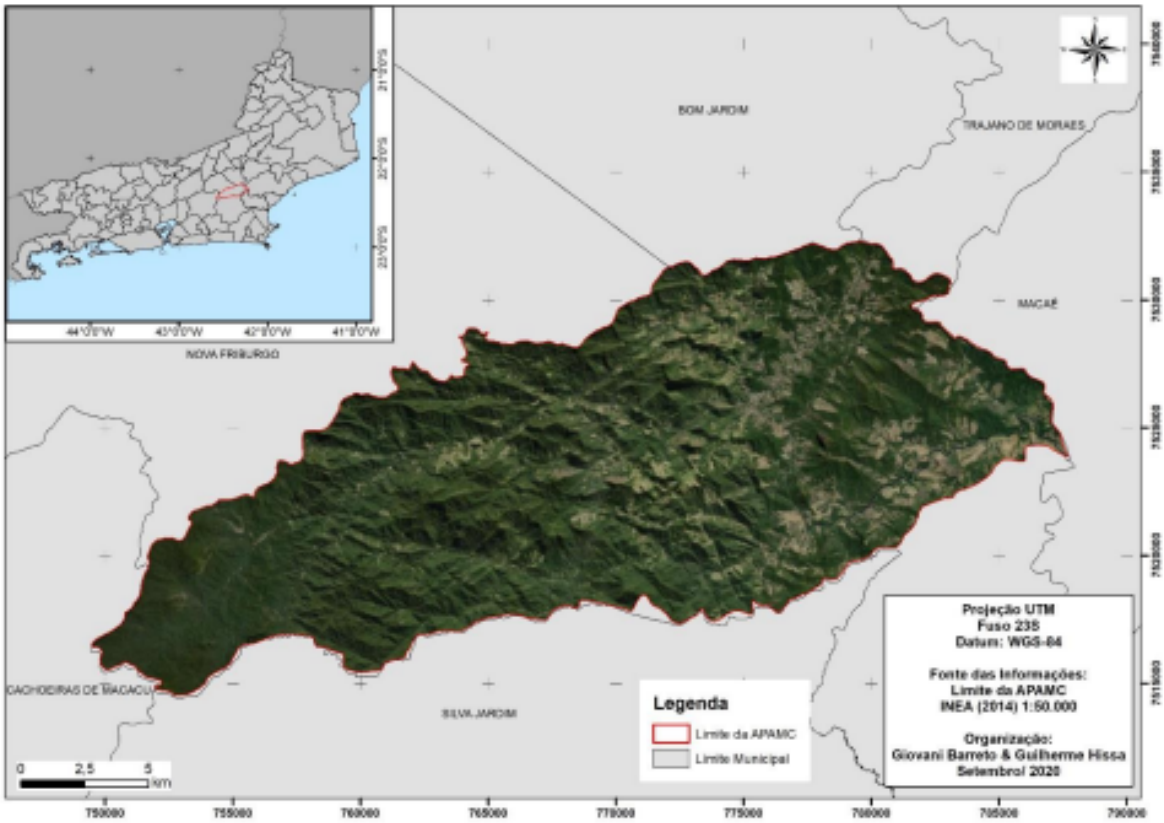


Figura 1: Localização da APA Macaé de Cima. Fonte: os autores (2020)

A colonização desta área começou em 1820 por iniciativa da Coroa Portuguesa de trazer imigrantes suíços para ocupar rotas clandestinas de escoamento de ouro. No final deste século chegaram ao município de Nova Friburgo famílias de alemães. A área permaneceu em relativo isolamento, sendo acessada apenas por caminhos de tropas, até 1950, quando foi aberta, por iniciativa dos moradores, a primeira estrada. Já na década de 1970 era possível observar na área os primeiros turistas, denominados como aventureiros ou hippies, que descobriam um "paraíso perdido" (REGO, 2009). O asfaltamento e a energia elétrica chegaram na década de 1980 e junto com eles, um grupo de pesquisadores do Jardim Botânico do Rio de Janeiro interessados no endemismo da flora da área.

O interesse dos pesquisadores levou o município de Nova Friburgo a criar duas unidades de conservação na década de 1990, mas acabaram sendo revogadas anos depois. Em 2001, o governo do estado do Rio de Janeiro criou a Área de Proteção Ambiental Estadual de Macaé de Cima (APAMC), sobrepondo essas duas UCs e anexando novos territórios. A área da APAMC ganhou ainda mais destaque no turismo estadual quando o acesso a partir da baixada litorânea foi pavimentado, nos anos 2000, e hoje a região é um polo turístico consolidado. Apesar das alterações ocorridas ao longo das últimas décadas, ainda é notória a presença dos descendentes de europeus que mantêm as técnicas agrícolas dos seus antepassados (VILLAS BOAS, 2017).

3. Metodologia

Como alternativa à visão segmentada das ciências, as etnociências vêm ganhando força no cenário acadêmico, em especial, a etnogeomorfologia, que ampliou seu arcabouço metodológico na última década. As etnociências, de forma geral, são definidas por Nunes Junior (2006) como ciências híbridas, que buscam compilar saberes populares com aqueles obtidos através do método científico. O objetivo destas é aproveitar as formas de produção de conhecimento, inclusive aquelas que não são baseadas no método científico. Para tal, pesquisadores buscam levantar o conhecimento de comunidades tradicionais, onde um diálogo equipotente entre as partes é realizado, de forma a assimilar-se o saber construído por tais grupos. Por meio das etnociências, forma-se, portanto, de acordo com Leff (2009), uma ponte entre os saberes populares e os científicos.

As formas pelas quais tais comunidades obtêm o saber sobre a paisagem que as cercam são, na maior parte das vezes, empíricas, ao longo de inúmeras gerações em contato cotidiano com seus recursos. Tal conhecimento vai sendo propagado através das gerações, de forma predominantemente verbal, de modo que os mais antigos transmitem aos mais jovens o saber adquirido empiricamente. Dialogar com essas comunidades representa uma forma de se valorizar tais formas de se produzir conhecimento, evitando cair em uma forte tendência no meio acadêmico de se desprezá-las (DIEGUES, 1996).

Etnociências, como a etnobiologia ou a etnopedologia, por exemplo, possuem relevante produção acadêmica já há algumas décadas. A etnobiologia é definida por Posey (1986) como sendo o estudo dos saberes, dos usos e das taxonomias sobre as formas de vida desenvolvidas pelos grupos sociais. De forma mais abrangente, a etnoecologia define-se como a área do conhecimento responsável por estudar a relação entre grupos sociais e o ambiente no qual eles estão inseridos (CASTANEDA e STEPP, 2007). Já a etnopedologia, como o nome indica, busca elucidar as compreensões dos grupos sociais acerca dos processos atuantes no solo, suas características e principais formas de manejo, envolvendo inclusive as relações solo-planta (WILLIAMS e ORTIZ-SOLORIO, 1981).

A etnogeomorfologia, assim como as demais etnociências, também possui em sua literatura conhecimentos adquiridos através do diálogo entre ciência e comunidades detentoras de saberes tradicionais. Toledo e Barrera-Bassols (2009) caracterizam os conhecimentos tradicionais como sendo a união de práticas apreendidas historicamente e propagadas através de gerações, com experiências particulares adquiridas por meio de anos e décadas lidando com o ciclo produtivo anual. No caso específico da etnogeomorfologia, busca-se identificar como tais comunidades compreendem a paisagem em que estão inseridas, e as suas dinâmicas. Nesse sentido, Ribeiro (2015) define etnogeomorfologia como uma ciência caracterizada por levar em conta a compreensão da população tradicional acerca das dinâmicas da paisagem, mais precisamente do relevo, seus respectivos solos, as potencialidades de uso dessas áreas e a interação entre elementos atmosféricos, biológicos e da litosfera.

Wilcock e Brierley (2012) afirmam que a etnogeomorfologia trata-se de uma ciência construída a partir da comunicação entre as partes (ciência e saber tradicional) acerca de um espaço de diálogo convergente, como por exemplo, a paisagem. Ou seja, havendo essa interlocução acerca da paisagem, será possível desenvolver projetos de manejo que maximizem a eficiência de seus usos, sem que sua utilização futura seja comprometida, baseando-se na forma como as comunidades tradicionais se apropriam do espaço.

Essa fusão entre os saberes científicos e os tradicionais possui como um dos principais propósitos o desenvolvimento de um saber comum sobre os solos, os diferentes compartimentos de relevo e as suas interrelações com demais fatores, como clima e biota. Ou seja, tal finalidade se assemelha muito com o da própria ciência geomorfológica em si, com o diferencial de ser produzido através de um diálogo construtivo entre cientistas e comunidades tradicionais. Através dessa comunicação, buscar-se-á ampliar o inventário científico acerca do tema, não sendo descartado nenhum saber sobre a paisagem, mesmo que esse tenha sido obtido de formas alternativas às científicas tradicionais.

Além disso, a etnogeomorfologia possui outras aplicações práticas, entre elas, destaca Ribeiro (2016), está o aumento da eficiência de projetos de gestão ambiental, especialmente quando estes afetam diretamente comunidades instaladas em áreas a serem conservadas. Para a autora, as tomadas de decisão, sobre planejamento ambiental, acabam por não apresentar a efetividade esperada em situações em que os grupos afetados, pelas políticas de gestão ambiental,não possuem as suas vozes escutadas e levadas em consideração. Para que haja uma maior eficácia de tais medidas, é de suma importância uma vasta participação da comunidade local, com o intuito de que seja proporcionada uma troca de contribuições. Portanto, o diálogo entre as partes é fundamental no momento da determinação de diretrizes de planejamento ambiental, evitando-se assim conflitos futuros entre os órgãos responsáveis pela gestão e as populações afetadas.

Outra aplicação prática da etnogeomorfologia gira em torno de sua utilização para o aumento do detalhamento da análise da paisagem. Ribeiro (2015, p. 253) afirma que a explicação para o maior nível de detalhe dos compartimentos geomorfológicos catalogados pela etnogeomorfologia está na "escala de observação dos fatos, uma vez que a classificação acadêmica se fez de forma regional através de imagens de satélite, enquanto a etnogeomorfológica é fruto de conhecimento utilitário cotidiano da paisagem - o que a deixa em uma escala do real". Ou seja, ao se obter informações sobre compartimentos e processos geomorfológicos em diálogo com populações que vivem inseridas na área de estudo, os resultados obtidos possuirão um nível de detalhamento maior do que o desenvolvido em laboratório utilizando-se imagens de satélite que não são capazes de fornecer imagens com limitações cartográficas.

A metodologia utilizada para a realização da pesquisa em questão envolveu uma revisão bibliográfica inicial acerca da etnogeomorfologia, e o recolhimento de dados secundários sobre a área de estudo (APAMC). Tendo desenvolvido o embasamento teórico, foram realizados três trabalhos de campo à APAMC durante o ano de 2019 (em maio, julho e outubro), com o objetivo de se obter, através das quinze entrevistas, os saberes da comunidade agricultora residente no local acerca dos processos atuantes na paisagem.

O grupo selecionado para a realização das entrevistas envolveu quinze agricultores, com mais de 50 anos, justamente aqueles que possuem maior tempo de contato com esta paisagem e, portanto, maior relação com os processos que nela ocorrem aplicados à prática agrícola. Todas as entrevistas foram gravadas em áudio e vídeo, com o consentimento dos entrevistados, o que possibilitou a transcrição de suas falas, assim como a elaboração de um documentário audiovisual pelo projeto de extensão que os membros do grupo de pesquisa fazem parte. O documentário

"Saber e Saberes: (re)conhecer a natureza da APA Macaé de Cima" (disponível em www.youtube.com/watch?v=rJPHSbgMW5w&list=LL&index=3) fornece mais detalhes das entrevistas realizadas e teve como objetivo registrar a história ambiental daquele território e a manutenção da memória social deste grupo.

As entrevistas realizadas buscaram seguir uma "metodologia geradora de dados" (POSEY, 1986), evitando-se elaborar perguntas longas ou fechadas. Esse método possibilita que não ocorra a imposição de pressupostos ao entrevistado por parte do entrevistador, fato que poderia acontecer caso as perguntas fossem demasiadamente elaboradas, uma vez que, por viverem em culturas diferentes, as premissas que baseiam o conhecimento serão outras, não necessariamente aplicáveis na realidade dos entrevistados.

Partindo-se do princípio de que as perguntas deveriam ser poucas e curtas, as indagações subsequentes que guiaram as entrevistas foram elaboradas baseando-se em conceitos já fornecidos pelos entrevistados em suas respostas anteriores. Esse método de se conduzir entrevistas visando a elaboração de dados primários aumenta substancialmente a qualidade dos dados obtidos.

Para a elaboração do mapa geomorfológico da área foram utilizadas as informações do mapeamento geomorfológico do estado do Rio de Janeiro, elaborado pelo INEA em 2010. Em ambiente SIG, mais especificamente no *software ArcGIS®*, foi selecionada apenas a área correspondente à APAMC, recortando-se as respectivas feições geomorfológicas presentes nela. Também foram calculadas suas áreas e as porcentagens correspondentes. Após a apresentação dos resultados, elaborou-se uma breve comparação entre aqueles obtidos por técnicas científicas e os etnogeomorfológicos.

4. Resultados

4.1 Caracterização Geomorfológica Científica

O primeiro mapeamento geomorfológico para o estado do Rio de Janeiro foi elaborado por Dantas (2000), como parte integrante do Projeto Rio de Janeiro, de iniciativa do CPRM. Esse mapeamento fora elaborado em escala de 1:250.000 e utilizou a metodologia desenvolvida por Ross (1990), empregando apenas os dois primeiros táxons por ele propostos. Em virtude das grandes diferenças geomorfológicas do estado fluminense, o mapa final se mostrou satisfatório apenas para uma análise regional, enquanto que na área da APAMC não apresentava significativas diferenciações (praticamente toda área fora classificada como Escarpa Serrana).

Em 2010 o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) publicou "O Estado do Ambiente", que subsidiaria o zoneamento ecológico-econômico do estado. A metodologia adotada pelo INEA foi desenvolvida por Silva (2002) e considera a bacia de drenagem como unidade espacial para o cálculo do desnivelamento altimétrico. Tal concepção leva em consideração que o trabalho de dissecação do terreno é resultante da diferença entre a cota superior do relevo e o nível de base de bacias de primeira e segunda ordens, sendo essas as principais áreas responsáveis por processos de erosão e evolução do relevo.

Como resultado da metodologia aplicada, na APAMC são encontradas quatro feições geomorfológicas. Observou-se a presença de Colinas (feições cuja amplitude varia de 20 a 100 metros) em 0,48% da área (1,69 km^2), Morros (entre 100 a 200 metros) em 11,63% (40,75 km^2), Serras Isoladas e Locais (entre 200 e 400 metros) em 49,29% (172,69 km^2), e Serras Escarpadas (diferenças acima de 400 metros) em 38% da APAMC (135,24 km^2). A figura 2 apresenta o mapeamento que indica a distribuição espacial das feições encontradas.

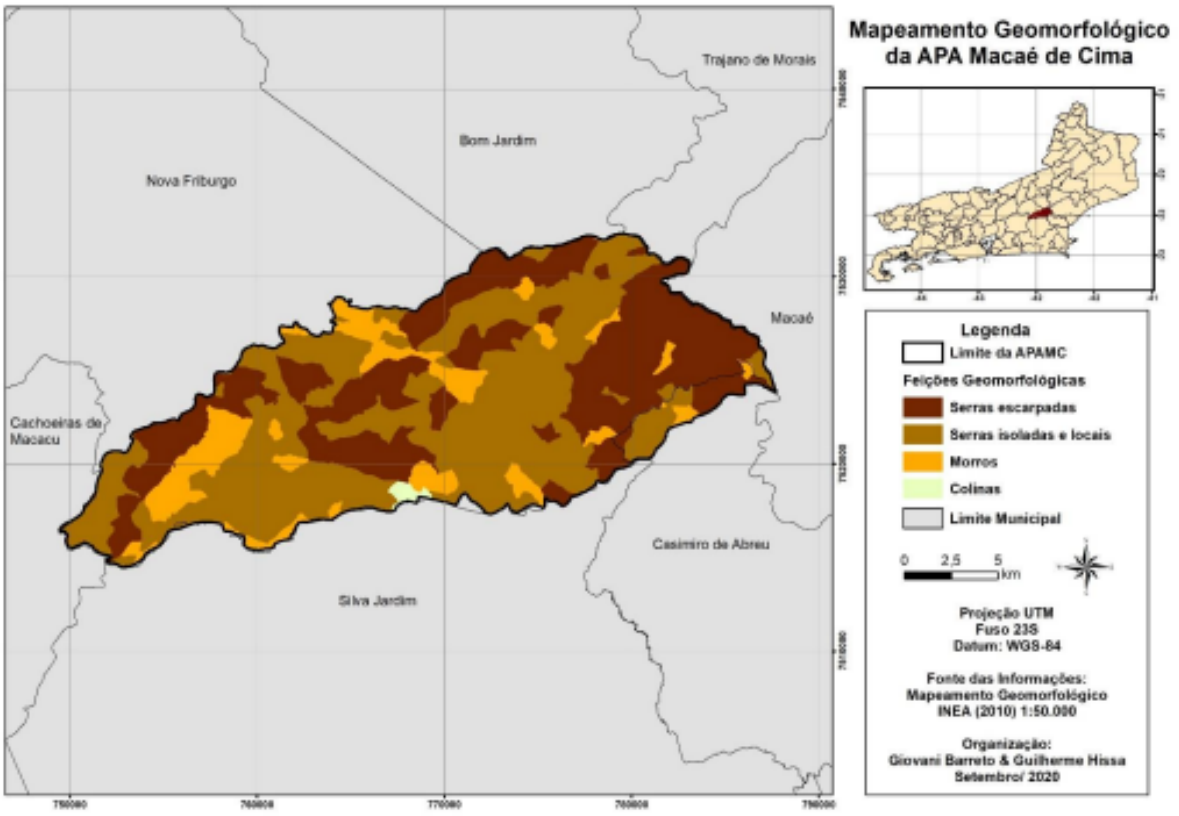


Figura 2: mapeamento geomorfológico da APAMC. Fonte: INEA (2010). Organização dos autores (2020)

A representativa presença de feições com acentuados desníveis altimétricos sugere que o local possui um terreno bastante acidentado. Tal fato possui consequências diretas no cotidiano das populações que habitam a área, em especial aqueles que necessitam manejar o terreno. Agricultores residentes da APAMC, se adaptaram às condições locais e à legislação vigente,

desenvolvendo técnicas que os permitem cultivar em locais com declividade acentuada, e o saber da população local acerca do espaço possui relações diretas com tal característica do relevo.

4.2 Caracterizações Etnogeomorfológica

O conhecimento dos agricultores residentes na APAMC sobre as características do espaço no qual vivem e trabalham é adquirido por eles de forma particular, não relacionada ao método científico. Esse modo de se obter este conhecimento acerca da paisagem que os cerca foi descrita por algum dos entrevistados:

"É igual você fazer um curso e saber das coisas. Eu, que sou nascido e criado aqui, sei onde é e onde não é. É só olhar... já vim do meu pai e dos meus avós assim, sabe? Sempre essa vida. Não precisa fazer curso pra lavoura" (entrevistado 1).

O depoimento apresentado acima sugere duas características fundamentais da forma como os agricultores locais adquirem seus conhecimentos acerca do relevo da área em que trabalham: a capacidade de compreender o espaço através da experiência empírica, para além de formas acadêmicas, e a heritabilidade da forma como o conhecimento é transmitido, através da oralidade por gerações de camponeses.

Os agricultores da APAMC possuem uma forma específica de perceber o relevo sobre o qual exercem as suas atividades. A primeira característica mencionada por eles, não está diretamente relacionada às características morfológicas ou morfométricas do relevo em si, como declividade, confinamento do vale, comprimento das vertentes etc., mas sim ao clima das diferentes partes de suas propriedades. Existe uma clara noção da existência de distintas porções do terreno, que se diferenciam majoritariamente pela temperatura, fator que possui uma influência direta sobre seu cotidiano, como aponta o agricultor 2:

"Ó, a 'ruega' é pra lá, à esquerda. Você já sente que é mais frio. Pra cá já é mais quente, é a 'soalheira'." (Agricultor 2)

A temperatura conduz o raciocínio deles à caracterização da umidade no solo. Logo, eles diferenciam a existência de locais com clima mais frio e úmido e locais com clima mais quente e seco, por vezes separados por apenas alguns metros. Há por parte deles uma clara noção de que essas diferenças microclimáticas estão associadas diretamente ao movimento do sol durante o dia e suas variações ao longo do ano. Isso se manifesta, principalmente quando se referem à quantidade de luz solar e à energia térmica associados à condição de relevo escarpado. Tal fato os levou a dividir o espaço entre locais que recebem maior ou menor incidência de luz solar ao longo do dia e/ou ao longo do ano, conforme aponta o agricultor 3.

"Nós conhecemos aquele lado lá como 'ruega', que o sol pega pra parte da manhã. 'Soalheira é a parte que o sol vira e pega na parte da tarde. É assim que nós conhecemos. Ali ('ruega') deu três horas da tarde o sol já passou, por causa da montanha" (Agricultor 3).

Durante as entrevistas, insistiu-se na questão da declividade e confinamento dos vales, características que vão se alterando de montante à jusante, contudo não havia essa menção nas respostas e, sobretudo quando tentava-se comparar duas localidades dentro da APAMC, as respostas sempre vinham caracterizando o clima das áreas. Há, porém, uma diferenciação nos segmentos das vertentes que serão detalhados adiante.

Durante as entrevistas, percebeu-se uma unanimidade nas respostas: as diferenças climáticas estavam diretamente relacionadas com a direção para a qual as vertentes estavam orientadas. Tal fato os incentivou a categorizar as diferenciações na paisagem levando em consideração primordialmente a orientação das vertentes, uma vez que tal característica da paisagem possui consequências diretas sobre o microclima, e, consequentemente, sobre aspectos determinantes para a agricultura, como por exemplo, a umidade dos solos e a quantidade de luz, fatores que interferem diretamente no metabolismo das espécies vegetais.

Vertentes cujas faces estão orientadas à oeste/norte recebem o nome de "soalheira". Em contrapartida, as vertentes que possuem uma orientação mais à leste/sul são denominadas como "ruega". As "soalheiras" recebem uma maior incidência de luz solar e por isso as temperaturas são mais elevadas e os solos são mais secos. Em contrapartida, as "ruegas" são parcelas do terreno que, por receberem uma menor incidência de radiação solar, possuem o microclima mais frio e o solo mais úmido. A maior umidade das "ruegas" deve-se tanto à menor incidência de luz solar, o que reduz os índices de evaporação da água do solo, quanto ao maior índice de precipitação, resultado de chuvas orográficas ocasionadas por massas de ar oriundas do Atlântico Sul (Massa Polar Atlântica e Massa Tropical Atlântica). Como consequência de essas vertentes estarem orientadas a sul/sudeste/leste, elas servem de "barreira" para tais massas de ar, o que causa chuvas localizadas nestes locais. Ao passarem para as "soalheiras", as massas de ar já perderam parte de suas umidades, causando micro climas mais secos nessas parcelas do terreno (VILLAS BOAS, 2017).

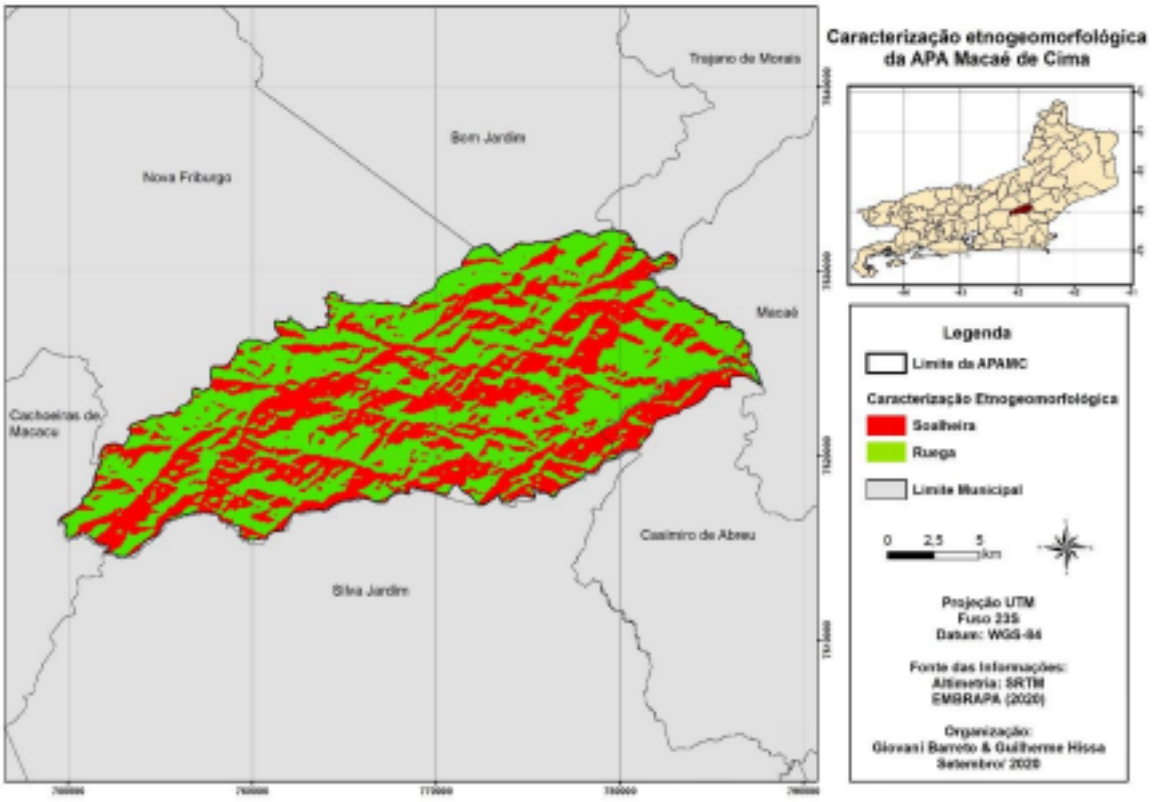


Figura 3: Mapa etnogeomorfológico da APAMC. Fonte: os autores (2020)

Não há um consenso sobre a origem das denominações das vertentes. O termo "soalheira" é mais harmonioso entre os entrevistados e, provavelmente, está relacionado à palavra "sol", justamente devido à maior incidência solar. Por outro lado, para o termo "ruega" não há uma etimologia tão clara. Para alguns entrevistados, não há distinção entre o signo e o significado, isto é, a palavra carrega seu sentido próprio e não seria possível questionamento quanto à sua origem. Já outros entrevistados atribuem o termo "ruega" ao país Noruega. Ressalta-se que esta região fora colonizada por suíços e alemães e, portanto, a menção ao país nórdico é uma referência à locais em maiores latitudes, e consequentemente mais frio. Esse fato, por si só, nos sugere a manutenção de raízes coloniais por parte da comunidade estabelecida no local.

Observou-se pelos relatos que a diferenciação de temperatura e luz também alteram consideravelmente o metabolismo das culturas selecionadas pelos agricultores para cada vertente, e saber reconhecer locais de maior ou de menor radiação solar é de fundamental importância para que as colheitas sejam mais rápidas e/ou para o melhor desenvolvimento dos vegetais, uma vez que existem culturas propícias para locais mais frios, com solos mais úmidos e menos incidência solar, enquanto existem culturas que crescem melhor em solos mais secos, com maior quantidade de luz e calor. A importância dessa diferenciação fora descrita por um dos entrevistados a seguir:

"Para certas lavouras a "ruega" é melhor, mas para certas lavouras a "soalheira" é melhor, entendeu? Por isso que eu 'tô' te falando, não precisa fazer curso, não precisa de nada, você já nasce sabendo disso. Os avós, avós e pais da gente já vão explicando pra gente: "ó, lá não planta tal coisa que não dá, planta ali." É assim, porque todo o sítio tem a "ruega" e a "soalheira" (entrevistado 4).

De acordo com os entrevistados, nas "ruegas" desenvolvem-se com mais facilidade culturas como: caqui, pêssego, milho, banana e hortaliças de forma geral. Já nas "soalheiras" são instaladas culturas como: aipim, inhame e manga, por exemplo. O tomate é outra cultura propícia de ser cultivada em áreas mais quentes, apesar de necessitar de solos relativamente mais úmidos do que os encontrados nas "soalheiras". A solução encontrada pelos agricultores locais foi a irrigação artificial das plantações de tomate instaladas nas "soalheiras", possibilitando que tais plantações encontrem-se nas melhores condições tanto de temperatura quanto de umidade do solo.



Figura 4: Esquema ilustrando as duas vertentes dos vales ("soalheira" e "ruega") Fonte: os autores (2020)

É fato que os agricultores locais não classificam e subdividem o relevo da APAMC seguindo apenas o critério de orientação das encostas. Villas Boas (2017) havia destacado as nomenclaturas utilizadas pelos residentes da APA para diferenciarem distintas formas presentes na paisagem geomorfológica da área. As planícies de inundação são conhecidas, por tal grupo, como "várzea". Áreas planas, independentemente da posição ou altitude em que se encontram, são denominadas "baixos". Vales estreitos e confinados pelos quais passam cursos d'água tributários são chamados de "grotas". Toda e qualquer vertente da área, até aproximadamente a linha cumeada, é nomeada como "morro", e as áreas mais altas dessas vertentes são conhecidas como "topo". O debate dessa diferenciação em escala de maior detalhe será alvo de publicações futuras.

4.3 Comparação entre os Resultados Obtidos

Em princípio destaca-se que as duas formas de compreensão geomorfológicas partem de pontos de vistas distintos: enquanto a científica se baseia em produtos de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e fotografias aéreas, e portanto, a partir de uma visão vertical da superfície, a compreensão popular parte de um "olhar horizontal" da paisagem. A ciência geomorfológica, para a análise de um espaço, observa-o "de cima para baixo", uma vez que as análises são elaboradas utilizando-se técnicas cartográficas. Por outro lado, os agricultores observam a paisagem a partir de um ponto de vista horizontal, já que se encontram ao nível do solo. O alcance da visão humana acaba sendo o limite para a captação das informações e a composição das análises.

Após a realização da análise do relevo por diferentes óticas, tanto a científica quanto a empírica ou tradicional, percebeu-se diferenças claras entre os resultados obtidos. Os mapeamentos realizados em laboratório possuem um baixo nível de detalhamento em comparação com as análises realizadas pelas comunidades locais, uma vez que foram elaborados na escala 1:50.000. As limitações cartográficas associadas à tal escala, ou mesmo se utilizassem cartas bases em 1:25.000 ou 1:10.000, bem como as limitações tecnológicas dos *softwares* de mapeamento, não permitiriam que a realidade fosse representada da forma a contemplar suas singularidades. Isto é resultado de um processo conhecido como simplificação cartográfica (MENEZES, 2013) e tem relação direta com as escalas de aquisição e de apresentação da informação. O mesmo não ocorre com análises elaboradas por grupos locais, uma vez que a escala de observação dos fatos utilizadas por tais é adquirida na escala 1:1, posto que os dados obtidos por eles são captados a partir de contato direto com o espaço.

Enquanto a ciência geomorfológica, apoiada em ferramentas tecnológicas, busca diferenciar as formas de relevo baseada em elementos como declividade, comprimento das vertentes, amplitude altimétrica e nível de base (morfométricos e morfológicos), a diferenciação realizada pelos agricultores da APAMC leva em conta fatores que influenciam diretamente em seus cotidianos, uma vez que suas motivações estão relacionadas à aplicação prática do conhecimento desenvolvido, principalmente nos métodos de produção agrícola.

O modelo de apreensão dos dados e informações utilizado pela ciência é baseado exclusivamente na razão, apropriando-se do método científico para a elaboração de resultados. A etnogeomorfologia, em contrapartida, desenvolve seus conhecimentos e gera dados e informações a partir da experiência dos agricultores, que, ao trabalharem em contato direto com a paisagem, acabam por elaborarem novos conhecimentos.

Os documentos científicos produzidos por geomorfólogos podem ou não ter uma integração completa dos dados obtidos. As informações contidas em análises científicas não necessariamente irão dialogar entre si, uma vez que a ciência não possui obrigatoriamente a necessidade de relacioná-las, podendo produzir documentos de geomorfologia pura. Já os dados obtidos pelos agricultores são necessariamente integrados entre si, uma vez que seus objetivos de uso de tais conhecimentos giram em torno do uso desses, em tarefas cotidianas de relação direta com o espaço. Esse uso demanda de um conhecimento de cada uma das características do recurso utilizado, o que pressupõe uma grande integração dos dados obtidos por eles. A comparação dos dados levantados está sintetizada no quadro (01):

QUADRO 1
Síntese das diferenças na compreensão geomorfológica

Geomorfologia / Critérios	Método de apreensão	Ponto de vista	Escala de análise	Elementos de diferenciação	Integração dos dados	Aplicação do conhecimento
Científica	Razão	Vertical	Escala cartográfica. Dependente de sensoriamento remoto	Declividade; Comprimento da vertente; Amplitude altimétrica; Nível de base	Pode ser integrada (ou não)	Análises ou documentos científicos
Popular (agricultores APAMC)	Experiência	Horizontal	Alcance da visão. Escala do espaço vivido	Micro-clima; Segmento da vertente	Totalmente integrada	Tarefas cotidianas (e possibilidade de gestão territorial)

Fonte: Os autores (2020)

5. Conclusão

A forma integrada de observar a paisagem que os agricultores da APAMC possuem vai na direção oposta à tendência de especialização das ciências no século XX, e construir essa ponte entre os diferentes saberes é justamente uma tentativa de tornar a abordagem científica mais eficiente. No estudo apresentado, a possibilidade de integração entre os dois saberes demonstra a aplicabilidade das etnociências na gestão do território e na construção de diálogos que subsidiem planos setoriais.

Nesse sentido, os saberes dos agricultores da APAMC podem ser de grande colaboração para aperfeiçoamentos na forma como a conservação dos recursos é realizada, uma vez que o zoneamento previsto no plano de manejo prevê o isolamento de determinadas áreas para fins de preservação. Este fato cria "ilhas intocáveis" dentro de uma unidade de uso sustentável, que, por vezes, poderiam ser áreas de uso agrícola, enquanto outras partes, onde é permitido o uso, têm pouca utilidade diante da compreensão popular. Caso metodologias participativas tivessem sido amplamente aplicadas na elaboração do plano de manejo, acreditamos que parte dos conflitos relacionados ao uso dos recursos naturais pudesse ter sido evitada.

As etnociências não têm a pretensão de alterar o arcabouço teórico-metodológico das ciências modernas, tampouco desprezar o conhecimento verticalizado destas, pelo contrário, busca-se trazer novas perspectivas à compreensão da dinâmica da natureza, para possibilitar um diálogo entre os diversos atores envolvidos na gestão do território, pois como apontou Paulo Freire (1987, p.68) "não há saber mais, nem saber menos, há saberes diferentes".

Referências

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas.** 2º edição**.** Petrópolis: Vozes, 1975.

BÓLOS, M. I. C. **Problemática actual de los estudios de paisaje integrado.** Barcelona: Revista de Geografia, 1981.

CAPRA, F. **O Ponto de Mutação:** A Ciência, a Sociedade e a Cultura Emergente. 1º edição. São Paulo: Editora Cultrix, 1982.

CASTANEDA, H.; STEPP, J. R. **Ethnoecological Importance Value (EIV) methodology:** assessing the cultural importance of ecosystems as sources of useful plants for the Guaymi People of Costa Rica. Cambridge: Ethnobotany Research & Applications, v. 5, 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 2ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2002.

COMITÊ de Bacia do Rio Macaé. **Diagnóstico Socioambiental e Projeto Técnico das Ações de Conservação do Solo e da Água da Sub-Bacia do Alto Curso do Rio Macaé.** Lumiar, Nova Friburgo: [s.n.], 2016.

DANTAS, M. E. **Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro.** Brasília: CPRM, 2000. DIEGUES, A. C. **O mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: HUCITEC, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.

GOUDIE, A. **The nature of the environment.** Oxford: Blackwell, 1989.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

INEA. **O Estado do Ambiente** – Indicadores Ambientais do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: SEA; INEA, 2010. INEA. **APA Estadual de Macaé de Cima:** Plano de Manejo. Rio de Janeiro: INEA, 2014.

LEFF, E. **Ecologia, capital e cultura** – a territorialização da racionalidade ambiental. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009. 439 p.

MARÇAL, M. S.; RAMOS, R. R. C.; SESSA, J. C.; FEVRIER, P. V. **Sedimentação Fluvial Quaternária no Vale do alto curso do Rio Macaé, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.** V. 16, nº3. São Paulo: Revista Brasileira de Geomorfologia, 2015.

MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. C. **Roteiros de cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. MORIN, E. **Ciência com consciência.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2000.

NUNES JUNIOR, E.; BARROS GOES, M. H.; AGUILAR, R. A. S.; GUERREIRO, M. **Etnogeomorfologia:** aplicação e perspectivas. Goiânia: Anais do VI SINAGEO; Regional Conference on Geomorphology, 2006.

POSEY, D. **Etnobiologia:** Teoria e Prática. Vol. 1, Petrópolis: Vozes, 1986.

REGO, V. V. B. S. **Paraísos perdidos ou preservados:** os múltiplos sentidos da cidadania em áreas de proteção ambiental. Periferia, v. 1, nº 2, p. 92-113, 2009.

RIBEIRO, S. C. **Etnogeomorfologia sertaneja:** proposta de classificação das paisagens da sub-bacia do Rio Salgado/CE com base no conhecimento tradicional sobre relevo e seus processos. Crato: RDS, 2015.

RIBEIRO, S. C. **Etnogeomorfologia na perspectiva da gestão ambiental e aprendizagem na educação básica.** Vol. 6, núm. 1. Rio de Janeiro: Espaço Aberto, Programa de pós graduação em Geografia/UFRJ, 2016.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia:** Ambiente e Planejamento. São Paulo: Contexto, 1990.

SILVA, T. M. A. **Estruturação Geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Tese (Doutorado em Geografia) – IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N. **A etnoecologia:** uma ciência pós-normal que estuda as sabedorias tradicionais. Curitiba: Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFPR, 2009.

VILLAS BOAS, G. H. **Etnogeomorfologia da APA Macaé de Cima:** um objetivo e dois saberes. Rio de Janeiro: Programa de pós graduação em Geografia/UFRJ – Tese de Doutorado – 2017.

WILCOCK, D; BRIERLEY, G. **It's about time:** extending time-space discussion in geography through use of 'ethnogeomorphology' as an education and communication tool. Journal of Sustainability Education, Vol. 3; 2012.

WILLIAMS, B. J.; ORTIZ-SOLORIO, C. A. **Middle American folk soil taxonomy.** Washington, DC: Annals of the Association of American Geographers, v.71, 1981.

ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO POR MÉTODO DIRETO EM ÁREA RURAL NO DISTRITO DE AMADEU AMARAL, MARÍLIA-SP, BRASIL

Carolina Julian
Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Rua Roberto Simonsen, 305 - Centro Educacional - Presidente Prudente/SP - CEP 19060-900
E-mail: carolina.julian@unesp.br
João Osvaldo Rodrigues Nunes
Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Rua Roberto Simonsen, 305 - Centro Educacional - Presidente Prudente/SP - CEP 19060-900
E-mail: joao.o.nunes@unesp.br

Resumo

A erosão dos solos é uma das principais formas de degradação dos solos, sendo seu controle fundamental uso e conservação do solo. Com isso, métodos para estimação dos processos erosivos, ou seja, de perda de solo, permitem compreender melhor o processo e assim melhor manejá-lo. Neste trabalho, foram apresentadas duas metodologias para quantificação direta de perda de solo, por pinos de erosão e parcela experimental, por meio de calha coletora, em uma área próxima a uma voçoroca no distrito de Amadeu Amaral, Marília-SP, Brasil. Os resultados apresentados referem-se ao período de agosto/2019 a janeiro/2020. Eles indicam que a estimativa obtida por meio dos pinos de erosão é bastante superior ao obtido com a parcela experimental, indicando que a primeira metodologia é mais suscetível às variações do ambiente. Logo, a utilização dessas metodologias mostra a importância de melhor compreender os processos erosivos e que a utilização de métodos diretos é uma alternativa para isso.

Palavras-chave: Erosão hídrica; Pinos de erosão; Parcela experimental.

1. Introdução

O solo é um dos recursos naturais de maior importância para a qualidade de vida dos seres humanos, consistindo em elemento fundamental para a produção de alimentos. A degradação e perda deste recurso causa prejuízo socioeconômico, além de grande risco manutenção da vida para as futuras gerações (WADT *et al.*, 2003).

A erosão é uma das principais formas de degradação do solo. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999, p. 68), a erosão constitui-se "[...] no processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento".

A intensidade dos processos erosivos depende das condições naturais, como o clima, relevo e tipo de solo, além das condições de uso e ocupação da terra, incluindo práticas de manejo e cultivo (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013).

A erosão pode ser dividida de acordo com o agente erosivo mais atuante no local. Os principais agentes são a água e o vento, chamadas de erosão hídrica erosão eólica, respectivamente (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

A erosão hídrica é o processo erosivo com maior distribuição geográfica no mundo, sendo que a ocorrência desta problemática abarca a maior parte dos países. Ela é provocada pelo escoamento superficial e subsuperficial desprendendo e carreando constituintes do solo (JORGE e GUERRA, 2013).

A erosão hídrica pode ser dividida entre erosão laminar e linear. A erosão laminar ocorre quando o fluxo de água é difuso, retirando uma camada de solo superficial como um todo. Na erosão linear, o fluxo de água ocorre de maneira concentrada, formando caminhos preferenciais, que quando não manejados, podem evoluir em dimensão (JORGE e GUERRA, 2013).

A prevenção e controle de erosões dependem do entendimento da mecânica do processo envolvido no surgimento e evolução dela, assim como dos fatores necessários para sua recuperação (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013).

Nessa perspectiva, os estudos envolvendo a quantificação da perda de solo por erosão são utilizados para possibilitar uma melhor compreensão do processo erosivo e de seus fatores associados.

A quantificação da perda de solos de forma direta pode ser realizada por meio de diversas metodologias, por exemplo medidas de volume de água e sedimentos, de agulhas de erosão, perfiladores topográficos e a partir de ensaios com parcelas experimentais (BALDASSARINI, 2016). Esses métodos de baseiam na coleta, medição e análise do material perdido por erosão hídrica laminar do solo, o que permite uma caracterização mais específica para o local.

A quantificação da perda de solo por meio dos estacas graduadas, pinos e agulhas de erosão etc. se dá por meio de medições volumétricas, pela variação da altura, que objetivam a quantificação do volume do solo erodido. Com estas medidas é possível quantificar o volume de perda de solo e as taxas de erosão, estimada pelo rebaixamento das microformas, por um determinado período de tempo (BALDASSARINI, 2016).

Em relação às parcelas experimentais, de acordo com Cunha e Guerra (2002, p. 147) "um dos objetivos de se monitorar uma estação experimental é o de se procurar entender a dinâmica do processo erosivo [...] com situações bem comuns no campo [...]". Ou seja, a utilização de estações experimentais

possibilita a avaliação das condições mais específicas para a área, facilitando a análise dos resultados e consequências dessas condições impostas em campo. Por realizar a coleta do material que carreado (sedimentos e água), permite que sejam realizadas análises para sua caracterização de forma a melhor entender o fenômeno no local.

As mensurações obtidas por métodos diretos, fornecem dados mais realistas, se mostrando apropriados para estudos visando estudo sobre erosão de solos. Apesar disso, tais medidas tornam-se variáveis devido à influência das mudanças e interferências ocorridas em campo (CORRÊA, 2016).

Considerando isso, o objetivo deste trabalho foi apresentar a metodologia para quantificação da perda de solo de forma direta, com uso das metodologias de pinos de erosão e parcela experimental com calha coletora de sedimentos, em uma área de voçoroca em recuperação no distrito de Amadeu Amaral, município de Marília-SP, Brasil. Além disso, foi feita uma análise dos resultados preliminares de forma a comparar as duas metodologias empregadas e estimar a perda de solo anual considerando o período estudado.

2. Área de estudo

A área de estudo localiza-se no distrito de Amadeu Amaral, no sudoeste do município de Marília/SP (UTM SIRGAS 2000, Zona 22, 596960,662 m E, 7528939,758 m S), conforme mostra a Figura 1. Essa região historicamente sofreu um intenso processo de desmatamento e substituição de sua vegetação nativa por áreas agrícolas, provocando o agravamento dos problemas erosivos laminares e lineares (BEZERRA, 2008).

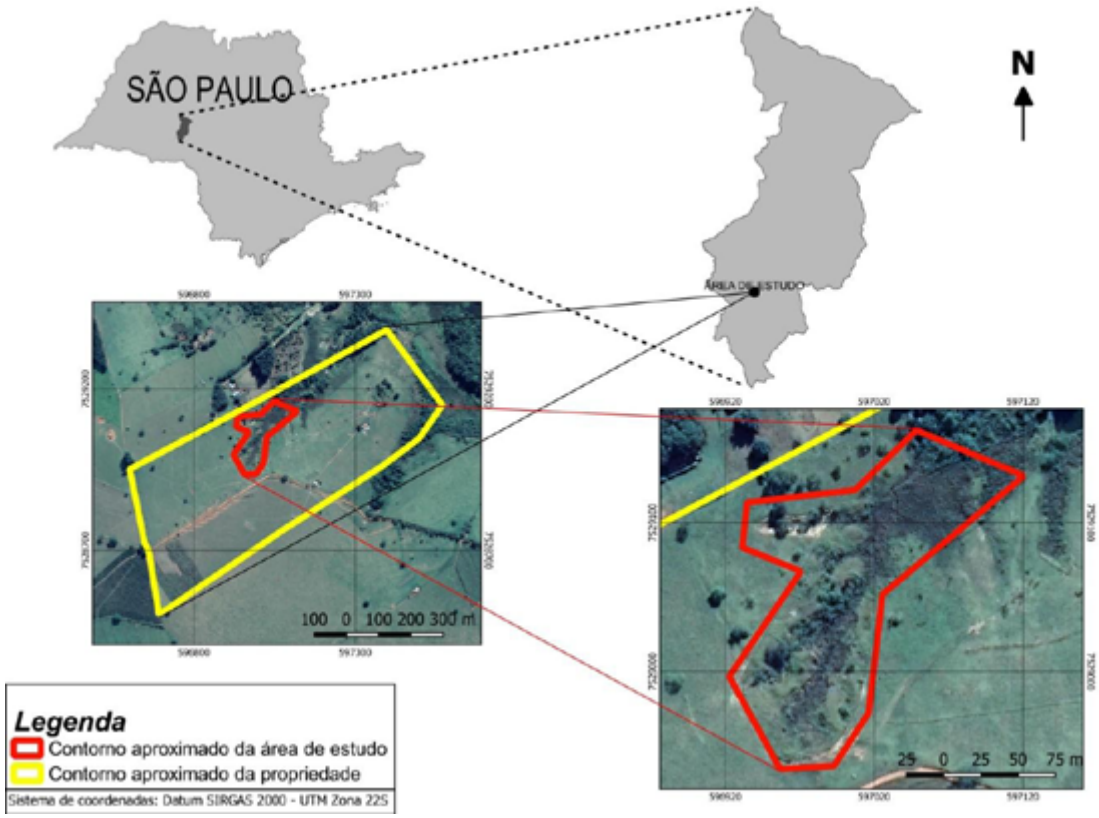


FIGURA 1: Localização da área de estudo em relação ao estado (São Paulo), município (Marília) e delimitação aproximada da propriedade (em amarelo) e da área de estudo (em vermelho).
Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

Geologicamente a área de estudo está situada na Bacia Sedimentar do Paraná, na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista. Mais especificamente ela está localizada na Formação Marília, estes pertencentes ao Grupo Bauru, sendo que:

[...] a formação Marília depositou-se em um embasamento localizado desenvolvido ao término da deposição Bauru, em situação parcialmente marginal, repousando geralmente sobre a Formação Adamantina e, mais para leste, diretamente sobre os basaltos Serra Geral (IPT, 1981, p. 48).

A Formação Marília caracteriza-se por:

[...] arenitos de granulação fina a grossa, compreendendo bancos maciços com ténues estratificações cruzadas de médio porte. Subordinadamente ocorrem lentes de siltitos, argilitos, e arenitos muito finos. Presença comum de nódulos carbonáticos" (IPT, 1981, p. 48).

No aspecto geomorfológico, a área de estudo está situada no Planalto Residual de Marília. Conforme IPT (1981), o relevo do Planalto Residual de Marília caracteriza-se por ser levemente ondulado com predomínio de colinas e morrotes, com colinas amplas e colinas médias, circundadas por relevos de transição com escarpas festonadas e encostas sulcadas por vales subparalelos. Este planalto situa-se numa área de exposição de rochas da Formação Marília, que se apresenta como arenitos e conglomerados de cimentação carbonática. Ele encontra-se intensamente erodido e sustentando platôs alongados de topos suavemente ondulados e espigões.

Ainda segundo Ross e Moroz (1996), o Planalto Residual de Marília apresenta relevo predominantemente de colinas com topos aplanados, convexos e tabulares com altimetria variando entre 500 e 600 metros e declividade variando entre 10 a 20%. Em geral, apresenta dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem de média a alta. Isso, implica em um nível de fragilidade potencial médio, sendo, portanto, suscetível às atividades erosivas, em especial nas vertentes de grande inclinação.

Segundo Bezerra (2008), os solos originários da Formação Marília, para a região de estudo, são as unidades de maior erodibilidade compreendem os depósitos sedimentares de baixa coesão, sendo eles maciços, espessos e de alta permeabilidade.

Neste sentido, os solos da região são provenientes da Formação Marília (IPT, 1981), apresentando alta suscetibilidade à erosão. Predominantemente nessa área, foram encontrados solos do tipo Neossolo Quartzarênico, de textura arenosa, com mais de 800 g.kg-1 de fração areia, densidade média de 1,77 g.cm-3, muitos poros, estrutura grumosa (A) e sem estrutura nos horizontes C1, C2 e C3, não possui plasticidade ou cerosidade e consistência solta ao longo de todo o perfil (NAKATA e JULIAN, 2018). Além disso, a área de estudo em específico está situada em uma vertente com um grande comprimento de rampa e declividade de cerca de 15%, o que indica uma maior suscetibilidade a erosão.

Ademais, o clima na região é classificado, segundo Köppen, como Cfa, com precipitação média de 1428,2 mm, mais concentrada no período do verão, entre novembro e fevereiro (JURCA, 2005). A concentração das chuvas durante um período é um fator importante a se considerar quando se analisa erosão de uma área, pois chuvas mais concentradas, de forma geral, estão associadas a maiores perdas por erosão.

O principal motivo para estudo dessa área é a presença de uma voçoroca, de cerca de 220 m de comprimento. A mesma foi cercada e foram aplicadas técnicas de bioengenharia com o objetivo de promover sua estabilização e recuperação, com monitoramento periódico de forma acompanhar sua evolução (NAKATA e JULIAN, 2018).

3. Materiais e métodos

Para análise da perda de solo por erosão hídrica laminar, na área foi instalada uma parcela experimental. A mesma buscou a retenção do solo perdido para a caracterização e quantificação direta.

A construção da parcela experimental foi baseada nas metodologias de Casseti (1983) e Cunha e Guerra (2002). A configuração espacial da parcela experimental construída foi realizada de acordo com Cunha e Guerra (2002), numa forma retangular com uma calha coletora direcionando para um recipiente de armazenamento (galão). Da metodologia de Casseti (1983) foi utilizada a distribuição dos pinos de erosão no interior da parcela.

A parcela experimental foi instalada em uma local com predomínio de gramíneas, na área cercada para recuperação da voçoroca (NAKATA e JULIAN, 2018). A escolha desse ponto se deu devido a proteção já existente devido ao cercamento, evitando a entrada do gado bovino, e pela morfologia e declividade da vertente.

O local escolhido trata-se de um trecho onde a rugosidade e declividade do relevo eram menos acentuados, o que dificultaria sua instalação e manutenção (CUNHA e GUERRA, 2002). Suas dimensões finais foram de 1,10 metros de largura por 7,60 metros de comprimento. Cunha e Guerra (2002) sugere que a parcela experimental tenha pelo menos 1 metro de largura por 10 metros de comprimento, porém devido a limitação de materiais disponíveis a parcela experimental construída teve dimensionamento reduzido.

Para construção da parcela experimental foram utilizadas chapas de ferro galvanizado com uma altura de aproximadamente 30 cm, piquetes de madeira, tábuas de madeira, tubos de PVC e caixa d'água, utilizado como galão.

Primeiramente, foi construída a calha coletora de água e sedimentos, que seria utilizada como parâmetro para a largura da parcela experimental. Para isso, uma das chapas galvanizadas foi dobrada de forma próxima a de uma caixa. Após isso, foram fixadas tábuas de madeira, dimensionadas de acordo com a calha dobrada de forma a permitir o fechamento da calha. Para fixação da tábua na calha foram utilizados pregos e sua vedação feita utilizando uma cola adesiva de montagem e vedante. Após a calha pronta, a mesma foi perfurada de forma a permitir o encaixe do tubo de PVC, conforme Figura 2.



FIGURA 2: Montagem da calha coletora de água e sedimentos utilizada na parcela experimental.
Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

Já na montagem em campo, as chapas galvanizadas foram inseridas aproximadamente 10 cm no solo e colocadas sequencialmente com uma sobreposição para fixação e junção, utilizando os piquetes de madeira. Ao final das chapas foi instalada a calha coletora montada. Saindo dela foi encaixado o tubo, direcionando para o galão, para armazenamento de água e sedimentos.

No interior das parcelas foram instaladas estacas metálicas (pinos de erosão), conforme mostra a Figura 3. Os pinos foram marcados na metade de seu comprimento, que foi o nível de inserção no solo e o utilizado para controle. A quantificação do volume perdido de solo foi feita pela diferença de altura da estaca em relação à medição anterior e tamanho inicial.



FIGURA 3: Foto e croqui da parcela experimental com calha coletora de água e sedimentos construída, com a instalação dos pinos de erosão.
Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

O monitoramento foi iniciado em agosto de 2019, após a vegetação ter sido restabelecida no interior da parcela experimental, necessária para quantificação correta.

Este período de pousio da área após instalação do experimento, objetiva a não contagem de sedimentos que possam ter sido desagregados mecanicamente e expostos a ação da água da chuva e do escoamento superficial com o procedimento de construção das parcelas, ou seja, indica-se um período de estabilização da área para o início das leituras (BALDASSARINI, 2016, p. 119).

Seu monitoramento foi feito de forma mensal, com a medição dos pinos de erosão e retirada do material acumulado na calha e no galão, conforme a necessidade.

A estimativa de perda de solo por meio das medições volumétricas utilizando os pinos de erosão, foram feitas utilizando as medidas mensais e as seguintes equações:

$$Altura\ perdida\ de\ solo\ (h) = \frac{Soma\ da\ perda\ dos\ pinos}{n°\ total\ de\ pinos}$$

$$Volume\ (V) = Área\ da\ parcela\ (A) * Altura\ perdida\ de\ solo\ (h)$$

$$Massa\ (M) = Densidade\ do\ solo\ (t/m^3) \cdot Volume\ (V)$$

$$Taxa\ de\ perda\ de\ solo\ (Y) = \frac{Massa\ perdida\ de\ solo\ (M)}{Área\ da\ parcela\ (A) * Período\ de\ monitoramento\ (P)}$$

Além dessa estimativa foi feita a quantificação do solo pela pesagem do material retido e armazenado na calha coletora e no galão, convertido para a mesma unidade de medida do método volumétrico (pinos de erosão) para comparação.

A pluviosidade da área foi obtida por meio do pluviógrafo Irriplus P300, com o intuito de associar a erosão estimada por ambos os métodos.

4. Resultados e discussões

O monitoramento da parcela experimental resultou em dados mensais em cada um dos pinos de erosão, que permitem estimar a perda de solo mensal e total do período monitorado.

As medições por pino de erosão foram organizadas na Tabela 1, identificadas de acordo com a variação em relação ao mês anterior quanto a acúmulo, perda ou manutenção da altura registrada.

TABELA 1
Dados dos monitoramentos mensais dos pinos de erosão, de agosto/2019 a janeiro/2020

ID Pino de erosão	Datas do monitoramentos						Perda total por pino (m)
	10/08/2019	14/09/2019	26/10/2019	15/11/2019	25/12/2019	25/01/2020	
1	-	-0,020	-0,006	-0,001	0,002	0	-0,027
2	-	-0,010	0	0	0	0	-0,010
3	-	-0,010	0,009	-0,003	0,002	-0,001	-0,014
4	-	-0,006	-0,004	-0,005	0,008	-0,003	-0,018
5	-	0	-0,007	-0,001	0,005	0	-0,008
6	-	-0,010	0,007	-0,002	0	0,005	-0,012
7	-	0,015	-0,001	0,001	-0,004	0,003	-0,005
8	-	0,003	0	-0,002	0,003	-0,003	-0,005
9	-	-0,013	0,004	0,012	-0,008	-0,003	-0,024
10	-	0	0	0,001	0,002	-0,003	-0,003
Total de perda (m)	**-**	**-0,069**	**-0,018**	**-0,014**	**-0,012**	**-0,013**	**-0,126**
Total de ganho (m)	**-**	**0,018**	**0,02**	**0,014**	**0,022**	**0,008**	**0,082**
Pluviosidade (mm)	**-**	**27,01**	**77,64**	**24,63**	**286,65**	**132,28**	**548,21**

Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

Primeiramente, é possível perceber uma maior perda de material no primeiro mês. Isso foi relacionado a vegetação presente dentro da parcela experimental, pois alguns setores dentro da parcela experimental parte da cobertura vegetal ainda não havia sido totalmente regenerada. Isso indica que o monitoramento da área poderia ter sido postergado por um período maior, até que a vegetação da parcela estivesse coberta totalmente a superfície no interior da parcela, ou seja, apresentasse maior estabilidade.

Ao comparar todos os pinos em cada mês, nota-se que as medidas não apresentam um padrão definido, nem em relação aos pinos, que estão na mesma altura, ou na mesma posição.

Ao analisar as perdas e ganhos totais por mês percebe-se que, de forma geral, os meses que tiveram mais perdas também tiveram valores altos de ganho e vice-versa, ou seja, os meses que tiveram maiores valores de perda apresentaram maiores valores de movimentação se solo, tanto de perda quanto de ganho.

Além disso, considerando o índice pluviométrico do período nota-se que apesar das variações pluviométricas dos períodos a perda de cada período não foi muito alterada. Quando consideramos ambas as movimentações do solo, perda e ganho, é possível perceber uma maior associação entre a variação dos valores.

Estimando a quantidade de material perdido por meio da volumetria com os pinos de erosão tem-se primeiramente que a altura estimada de solo perdido é de:

$$Altura\ perdida\ de\ solo\ (h) = \frac{Soma\ da\ perda\ dos\ pinos}{n°\ total\ de\ pinos}$$

$$h = \frac{0{,}126\ m}{10}$$

$$h = 0{,}0126\ m$$

Convertendo para unidade volumétrica:

$$Volume\ (V) = Área\ da\ parcela\ (A) * Altura\ perdida\ de\ solo\ (h)$$

$$V = (1{,}1\ m * 7{,}6\ m) * 0{,}0126\ m$$

$$V = 8{,}36\ m^2 * 0{,}0126\ m$$

$$V = 0{,}105336\ m^3$$

Portanto, considerando a densidade média do solo da área como densidade média de 1,77 g.cm-3 (1,77 t/m³), calcula-se o volume de solo perdido:

$$Massa\ (M) = Densidade\ do\ solo\ (t/m^3) \cdot Volume\ (V)$$

$$M = 1{,}77\ t/m^3 * 0{,}105336\ m^3$$

$$M = 0{,}18644472\ t$$

Considerando a área da parcela e o período de monitoramento, tem-se que:

$$Taxa\ de\ perda\ de\ solo\ (Y) = \frac{Massa\ perdida\ de\ solo\ (M)}{Área\ da\ parcela\ (A)\ *\ Período\ de\ monitoramento\ (P)}$$

$$Y = \frac{0{,}620\ kg}{8{,}36\ m^2 *\ 168\ dias}$$

$$Y = \frac{0{,}000620\ t}{0{,}000836\ ha *\ 0{,}460\ ano}$$

$$Y = 1{,}6113\ t/ha \cdot ano$$

O material coletado por meio da calha foi estimado em 0,620 kg. Utilizando essa medida para estimar a perda de solo na mesma unidade da calculada pela volumetria, calcula-se:

$$Taxa\ de\ perda\ de\ solo\ (Y) = \frac{Massa\ perdida\ de\ solo\ (M)}{Área\ da\ parcela\ (A)\ *\ Período\ de\ monitoramento\ (P)}$$

$$Y = \frac{0{,}620\ kg}{8{,}36\ m^2 *\ 168\ dias}$$

$$Y = \frac{0{,}000620\ t}{0{,}000836\ ha *\ 0{,}460\ ano}$$

$$Y = 1{,}6113\ t/ha \cdot ano$$

Com isso, é possível perceber uma diferença relevante entre as medições. Isso pode ser relacionado à metodologia utilizada para a medição volumétrica por meio dos pinos de erosão, pois a mesma considera somente a soma das perdas e não os ganhos dos pinos, ou seja, desconsidera o acúmulo do solo em ponto a jusante. Os ganhos, neste caso, representam cerca de 65% do valor de perda do solo no caso.

Assim, nota-se que a estimativa por meio dos pinos de erosão apresenta valor bastante acima em relação ao material retido na calha coletora. Isso indica que essa metodologia possui alta sensibilidade aos efeitos do ambiente.

Corrêa (2016) ressalta que as placas que limitam as parcelas, dependendo da direção das gotas da chuva, servem como anteparo à ação da precipitação pluvial. Além disso, a autora destaca que na instalação de parcelas de monitoramento de erosão hídrica do solo é inevitável a ocorrência de modificações que alterem as condições originais da superfície, sendo que isso deve ser considerado na análise dos primeiros dados coletados.

Considerando isso, destaca-se que os resultados aqui apresentados são preliminares para a pesquisa em andamento, e que esses serão analisados considerando todo o período do monitoramento para verificar a influência da estrutura da parcela e fatores naturais podem ter na estimativa da perda de solo.

5. Considerações finais

Os materiais e métodos empregados neste trabalho foram baseados em bibliografias base para o tipo de estudo. A maior dificuldade foi a falta de detalhamento em relação as etapas de sua construção e os materiais a serem utilizados na construção da parcela experimental. Por isso buscou-se utilizar materiais de fácil acesso que pudessem ser utilizados para estudos em outros locais.

As duas metodologias utilizadas para estimar a perda de solo da área de estudo apresentaram resultados bastante distintos, indicando a variabilidade que ambas têm às condições de campo.

O início do monitoramento se deu em agosto/2019, que em setembro/2019, após um mês do início, apresentou uma variação superior aos meses com maior pluviosidade. Isso sinaliza para um início precoce do monitoramento, possivelmente devido a cobertura vegetal, dentro da parcela experimental, não estabilizada.

A perda de solo, por meio dos pinos de erosão, não acompanhou de forma direta a pluviosidade, se mantendo aproximadamente estável, porém a movimentação como um todo (perda e ganho) teve variação mais relacionada com a pluviosidade.

A quantificação por meio dos pinos de erosão apresentou resultados bastante superiores aos obtidos por meio da calha coletora da parcela experimental. Isso indica que a metodologia por meio dos pinos de erosão é mais suscetível as alterações ocorridas no ambiente.

Considerando isso, percebe-se que as metodologias de quantificação direta apresentam estimativas importantes para melhor compreender e manejar o solo da área estudada, porém são bastante sensíveis aos efeitos do ambiente, devendo isso ser considerado ao utilizar os resultados.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente, pelo apoio à realização desse projeto.

Referências

ARAUJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. 322 p.

BALDASSARINI, J. de S. **Contribuição ao estudo das dinâmicas de perdas de solos por meio de técnicas diretas e indiretas de determinação em propriedades agrícolas de Getulina e Vera Cruz-SP**. 2016. 319 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2016.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.

BEZERRA, M.A. **Influência do uso da terra na incidência de processos de dinâmica superficial na região de Marília (SP)**. Guarulhos, 2008. 150 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pós-graduação e Pesquisa– CEPPE, Universidade Guarulhos.

CASSETI, V. **Estudos dos efeitos morfodinâmicos pluviais no planalto de Goiânia**. São Paulo, 1983. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade de São Paulo, São Paulo.

CORRÊA, E. A. **Perdas de solo e índices de vegetação: proposta metodológica para a determinação do fator C (MEUPS) em pastagens e cana-de-açúcar. 2016.** 187 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia – Exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. Cap. 4, p. 139-155.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo:** 1:500.000. São Paulo: IPT, vol. I, 1981 (Publicação IPT 1184).

JORGE, M do C.O.; GUERRA, A.J.T. Erosão dos solos e movimentos de massa: recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: GUERRA, A.J.T.; JORGE, M. do C.O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 7-30.

JURCA, J. **Classificações climáticas**: variações temporo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídio ao zoneamento agroclimático. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/92837>.

NAKATA, A. A. M.; JULIAN, C. **Aplicação de metodologias alternativas para recuperação de focos erosivos em áreas de nascentes no distrito de Amadeu Amaral, município de Marília/SP**. 2018. 113f. Monografia (Graduação) – Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNESP) – Presidente Prudente, 2018.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Rev. do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.10, 1996.

WADT, P. G. S.; *et al.* **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2003. 29 p. il. (Embrapa Acre. Documentos, 90).

ESTUDO DA VULNERABILIDADE COSTEIRA NAS PRAIAS DO MUNICÍPIO DE BAÍA DA TRAIÇÃO - LITORAL NORTE DA PARAÍBA

Diandra Soares de Araujo
Universidade Federal da Paraíba
Campus I - Lot. Cidade Universitária, PB, 58051-900
E-mail: diandra.soares@hotmail.com
Christianne Maria da Silva Moura
Universidade Federal da Paraíba
Campus I - Lot. Cidade Universitária, PB, 58051-900
E-mail: cms@academico.ufpb.com
Nadja Cecília de Freitas Silva
Universidade Federal da Paraíba
Campus I - Lot. Cidade Universitária, PB, 58051-900
E-mail: nadja.cecilia@gmail.com

Introdução

Baía da Traição é um município localizado na microrregião do Litoral Norte da Paraíba. O município possui cerca de 15 km de extensão de linha de costa divididos entre praias que sofrem erosão, praias que se encontram em estabilidade e praias que sofrem progradação.

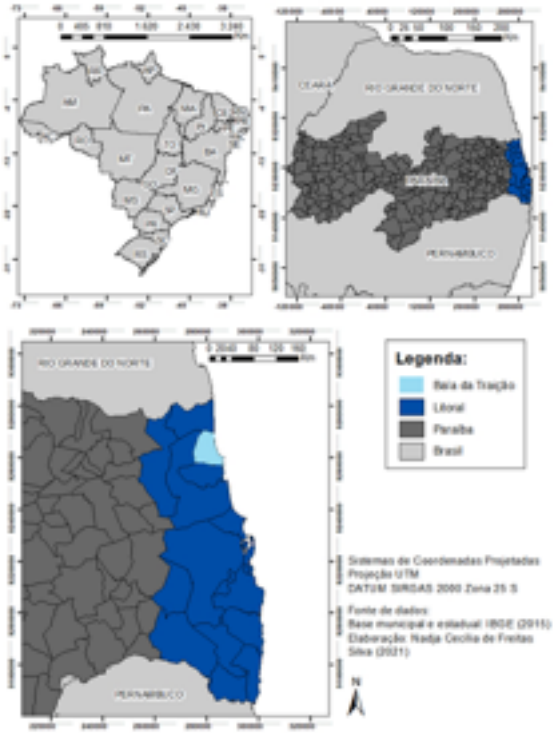


FIGURA 1: Mapa de localização de Baía da Traição.

Segundo Moura e Pereira (2020), processos erosivos atuam em mais de 60% das praias de Baía da Traição. Considerando, entre outras coisas, a erosão causada pelo avanço do mar, a Prefeitura de Baía da Traição decretou em 13 de setembro de 2019 situação de emergência nas áreas afetadas pela erosão. Em virtude da gama de problemas gerados pelo processo de erosão costeira na zona costeira, fica evidenciada a necessidade de realização de estudos sobre este tema em específico na área apresentada, para mitigar danos e perdas socioeconômicas, ambientais e físicas.

A zona costeira brasileira é considerada pela Constituição Federal de 1988 como patrimônio nacional. De acordo com Coelho (2020), a interação entre os fatores naturais e antrópicos na zona costeira pode resultar na erosão costeira, processo capaz de causar prejuízo econômicos e sociais diversos.

Objetivos

O objetivo geral da pesquisa proposta é estudar a vulnerabilidade costeira do município de Baía da Traição considerando os processos físicos e socioeconômicos. Como objetivos específicos a pesquisa pretende compreender o processo de ocupação do município; estudar o perfil socioeconômico das populações residentes na zona costeira da Baía da Traição; identificar os dispositivos legais existentes para proteção da zona costeira; analisar os processos físicos da área costeira da Baía da Traição.

Referencial teórico

Lins-de-Barros (2011) define vulnerabilidade como o grau de exposição ao impacto de determinado perigo e ao grau com o qual se pode absorver e se recuperar destes impactos. De acordo com Lins-de-Barros (2010), vulnerabilidade costeira é a capacidade da linha de costa, dos ecossistemas costeiros e da população de resistir, se recuperar (grau de resiliência) ou se adaptar aos impactos causados por estes perigos.

Bulhões (2020) define erosão costeira como a resultante na paisagem da deficiência no balanço sedimentar em determinado segmento da linha de costa, durante determinado intervalo de tempo. Segundo Coelho (2020) o processo de erosão costeira apresenta importância ambiental e ecológica fundamental ao exercer influência na alteração e, em alguns casos, na supressão de parte da biodiversidade da zona costeira, com impactos diretos e indiretos, o que causa prejuízos econômicos e sociais.

[...] historicamente há uma necessidade de estabilizar a linha de costa e mitigar os impactos adversos da erosão costeira. Na maioria dos casos tais obras são dimensionadas para conter as consequências da erosão e não propriamente suas causas, ou seja, a erosão não é realmente o problema atacado, e sim os são seus impactos negativos para o homem (ex. perda de infraestrutura pública ou privada). Neste sentido, e apesar dos esforços, a erosão costeira continua a ser uma ameaça permanente (BULHÕES, 2020, p. 660).

Proposta de metodologia

Será feito um levantamento nas bibliotecas de institutos e universidades da Paraíba e bibliotecas digitais. Serão analisados artigos, monografias, dissertações, teses e livros produzidos sobre a área de estudo e sobre os temas a serem abordados. Informações e dados secundários que complementarão a pesquisa (mapas, fotografias aéreas, pesquisas amostrais) serão encontradas em órgãos governamentais, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM), Defesa Civil, entre outros. Nesse momento também serão pesquisados os dispositivos legais, em âmbito local e nacional, de proteção da zona costeira.

A segunda etapa da pesquisa consistirá no estudo do perfil socioeconômico da população residente na área costeira do município estudado. Este estudo será realizado através dos dados do IBGE, principalmente de pesquisas como a PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) e os Censos, levantando as informações de renda, trabalho, estudo e se o domicílio é de uso ocasional (veraneio) ou permanente. Além disso, também serão realizadas entrevistas com os moradores.

A terceira etapa da pesquisa será a realização da análise da evolução da linha de costa das praias do município de Baía da Traição, a análise será feita por meio do CASSIE (Coastal Analysis via Satellite Imagery Engine). O CASSIE é uma ferramenta utilizada para o mapeamento e análise automática de linhas de costa com o uso de imagens de satélite das missões Landsat e Sentinel-2, disponíveis no repositório do GEE (Google Earth Engine) (ALMEIDA et al., 2021). Através da ferramenta, será realizado um comparativo do posicionamento da linha de costa ao longo dos anos. O intuito desta etapa da pesquisa é investigar se as praias do município sofreram erosão, acreção ou se estas permaneceram estáveis.

Desafios

Um dos desafios, e talvez o principal, é o desafio gerado pela pandemia do Covid-19, problema que afeta um enorme número de pesquisadores no Brasil e no mundo. Como resultado da pandemia, está sendo necessário limitar análises importantes que iriam complementar a pesquisa, feitas através de trabalhos de campo. Elaboração do perfil topográfico, aplicação de questionários, evidenciação de geoindicadores, tudo isso representa um obstáculo que será enfrentado durante a pesquisa.

Outra dificuldade encontrada é a definição dos anos utilizados como base para investigar a evolução da linha de costa das praias do município analisado. Isso ocorre, pois, o estudo aqui proposto limita-se a utilizar o CASSIE em suas análises, a missão Sentinel-2 apresenta imagens mais recentes, datadas entre os anos de 2013 e 2020, e uma resolução ótica de 10 metros. Já a missão Landsat apresenta imagens de um período maior, datadas entre 1984 e 2020, mas sua resolução ótica é de 30 metros**.**

Resultados esperados

Através da pesquisa proposta, acredita-se que será possível responder às seguintes questões: está ocorrendo erosão costeira nas praias do município? E em que nível? Quais os danos que serão causados à população se nada for feito? Quem está sendo afetado pela erosão? Qual o nível de vulnerabilidade em que a população local se encontra? Quais políticas públicas estão sendo feitas para conter a erosão? Além disso, acredita-se que será possível também propor medidas de mitigação da erosão costeira nas praias do município.

Referências:

Almeida, L.P.; de Oliveira, I.E.; Lyra, R.; Dazzi, R.L.S.; Martins, V.G.; da Fontoura Klein, A.H. Coastal Analyst System from Space Imagery Engine (CASSIE): Shoreline management module. **Environmental Modelling & Software**. Vol. 140, jun. 2021.

BAÍA DA TRAIÇÃO. **Decreto nº 23 de 13 de setembro de 2019**. Declara Situação de Emergência áreas do Município afetadas pela erosão marinha decorrente do avanço da maré. Disponível em https://www.baiadatraicao.pb.gov.br/portal/legislacao/decretos/decreto-no-23-de-13-de-setembro-de-2019. Acesso em 10 abr. 2021.

BULHÕES, E. Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha**: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 655-688. ISBN 978-65-992571-0-0.

COELHO, A. L. N. Análise do deslocamento da linha de costa e sua intensidade com base em produtos de sensoriamento remoto. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha**: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 56-73. ISBN 978-65-992571-0-0.

MOURA, C. M. S.; PEREIRA, J. C. G. Riscos Associados a Erosão Costeira no Estado da Paraíba. In: MOURA, M. O. *et al.* **Climatologia Geográfica**: do local ao regional e dimensões socioambientais. João Pessoa: Editora UFPB, 2020. p. 351 - 370.

LINS-DE-BARROS, F. M. Análise integrada da vulnerabilidade costeira e riscos associados. In: VI **Congresso de Planejamento e Gestão das Zonas Costeira**. 2011, Boa Vista.

LINS-DE-BARROS, F. M. **Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados**: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. 289f.

GEOMORFOLOGIA E ECOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BACANGA-SÃO LUÍS/MA

Claudia Rakel Pena Pereira
Universidade Federal Fluminense
Praia de Botafogo, 356, Botafogo.
Rio de Janeiro-RJ CEP 22250-040
E-mail: claudiarakel@id.uff.br
Sandra Baptista da Cunha
Universidade Federal Fluminense
Campus Praia Vermelha
Instituto de Geociências
Rua Gal. Milton Tavares, s/n
Boa Viagem - Niterói - RJ CEP 24210-346
E-mail: sandracunha@openlink.com.br

Resumo

Neste artigo discutiu-se a importância dos conhecimentos geomorfológicos e ecológicos na compreensão dos impactos humanos nos rios, aliados às teorias que auxiliam nas avaliações das condições fluviais, sob o ponto de vista interdisciplinar, buscando estabelecer uma análise integrada de componentes ecológicos e geomorfológicos da bacia hidrográfica. Desse modo, o objetivo desse trabalho consiste em analisar a geomorfologia e a ecologia da bacia hidrográfica do rio Bacanga, São Luís -MA, tendo como base as escalas em que operam as variáveis físicas em sistemas complexos, através das teorias de Visão de Rede (continuidade) e Visão de Trechos (descontinuidade) relacionadas com a Teoria do Rio Contínuo, com o intuito de auxiliar no planejamento e gestão das bacias hidrográficas. Assim, as análises interdisciplinares permitem correlacionar modelos e teorias tanto dos ecossistemas aquáticos quanto da geomorfologia das bacias para avaliação e gestão do ambiente fluvial.

Palavras-chave: Visão de Rede, Visão Trecho, Teoria do Rio Contínuo, Geomorfologia Fluvial, Ecologia.

Introdução

De acordo com os fundamentos da Teoria Geral dos Sistemas é fundamental encontrar uma episteme sistêmica que suporte a análise integrada dos ambientes fluviais. Dessa forma, os rios e as bacias hidrográficas passam a ser um conjunto único e inseparável, compondo um sistema fluvial. Para melhor compreender o sistema fluvial é necessário integrar a diversidade de componentes, elementos, fatores e processos ambientais tanto abióticos quanto bióticos para que possamos identificar seus principais problemas. Assim, para entender a relação dos ecossistemas aquáticos com a organização espacial e temporal dos sistemas fluviais complexos é fundamental levar em consideração as escalas em que operam as variáveis físicas desses sistemas (MARÇAL e LIMA, 2016).

O objetivo da análise sob o ponto de vista da bacia hidrográfica, a partir da teoria sistêmica, é compreender a natureza dos sistemas e da inter-relação entre eles em diferentes espaços, assim como a inter-relação de suas partes. Atualmente, a Geomorfologia Fluvial é um dos setores mais dinâmicos no campo da geomorfologia, a aplicabilidade dos estudos geomorfológicos pode apresentar abordagens para prevenção de inundações, manutenção de rios, restauração da várzea, entre outros. A geomorfologia fluvial, assim como a ecologia, é essencial para entender e gerenciar rios e desenvolver estratégias para o desenvolvimento sustentável.

Segundo Poole (2002), a complexidade de processos geomorfológicos, hidrológicos e biótico atuando sobre diferentes escalas espaciais e temporais proporcionam uma importante multiplicidade de ambientes ribeirinhos. Por conta das escalas que atuam nas variáveis físicas em sistemas fluviais, foram desenvolvidos dois caminhos conceituais: a visão de rede e a visão de trechos.

Para Cullum et al. (2008), a teoria de Visão de Rede (que enfatiza controles na escala do sistema) e a Visão de Trechos (que foca na descontinuidade e nos controles locais) integram o padrão da continuidade e descontinuidade, onde a primeira oferece modelos de interpretação preditivos da rede e a segunda proporciona aumentar a precisão das perspectivas na escala do canal.

Na visão de rede, duas abordagens são destacadas na análise que planejam padrãoes e controles no nível do sistema, são elas: as relações fractais na geometria da rede e as dimensões do sistema fluvial. A geometria fractal é descrita como a medida do grau de alterações em distintas escalas, relacionada com o aumento da medida de um objeto, enquanto a escala do instrumento de medida diminui (MURRAY *et al*.,2014). Na natureza, uma bacia de drenagem integra em suas modificações, bacias menores ao longo dos seus afluentes terminando em bacias de drenagem de primeira ordem, dos quais os tamanhos indicam a fractalidade da escala interna (VESTENA e KOBYAMA, 2010).

Na abordagem dos sistemas fluviais foram elaborados quatro conceitos voltados para visão ecológica do rio a partir de quatro dimensões fluviais: longitudinal, lateral, vertical e temporal (WARD 1989; WARD e STANFORD, 1995). A dimensão *longitudinal* corresponde às interações que ocorrem no sistema lótico no sentido montante – jusante e tributário – tronco ou cabeceira-foz. A dimensão *lateral* corresponde às interações entre o canal do sistema lótico e a sua planície de inundação e vegetação ripária. Dimensão *Vertical* - corresponde às interações entre o canal do sistema lótico e aquífero subterrâneo (lençol freático). E por fim, a dimensão *temporal* abrange magnitude, frequência e sincronismo do movimento da água e sedimentos, regimes de perturbação e padrões resultante de perturbações (LEOPOLD *et al*.,1964). A escala de tempo é importante para se entender a estrutura e a dinâmica das comunidades e para compreender os impactos de possíveis distúrbios.

Já na visão de trechos, o foco é dado às análises de descontinuidades e controles locais que estabelecem multiplicidades na paisagem. As feições que acontecem nesta escala resultam das interações entre fluxos e sedimentos, refletindo a distribuição de energia ao longo de um trecho do rio. Essas interligações podem identificar grande variabilidade temporal, de acordo com o regime hidrológico do rio (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). Para Lana e Castro (2006), o conceito de descontinuidade fluvial (originalmente *Serial Discontinuity Concept*) salienta para modificações abruptas entre segmentos do rio, decorrentes de resultados de construção de barragens, variações locais ou regionais de litologia, geomorfologia, clima e vegetação.

Já a Teoria do Rio Contínuo (*River Contiuum Concept*) descreve que para entender as estratégias e dinâmicas biológicas de um rio é necessário considerar um gradiente de fatores físicos, formado pela rede de drenagem. De acordo com esse conceito as variáveis físicas dentro de um rio apresentam um gradiente contínuo, das cabeceiras para a planície (VANNOTE *et al*., 1980).

Conforme a Teoria do Rio Contínuo, os sistemas lóticos, particularmente os riachos de regiões temperadas, representam um gradiente de variáveis ecológicas, da nascente até a foz. Ao longo do rio, a largura, o volume de água, a profundidade, a temperatura, a quantidade e o tipo de material suspenso transportado podem variar (*ibid*., 1980). Dessa forma, o rio é dividido em três regiões geomorfológicas distintas: cabeceira, médio curso e baixo curso. Como mostra a figura 1.

Nas *cabeceiras*, existe uma elevada dependência das contribuições terrestres de material orgânico (por exemplo, biomassa vegetal) com pouca ou nenhuma produção fotossintética, onde há maior respiração do que produção primária. No *médio curso* existe maior dependência da contribuição direta dos ecossistemas terrestres. No entanto, existe maior produção primária por algas e macrófitas aquáticas vasculares, além do material orgânico. Nos *baixos cursos*, as águas possuem uma grande carga de sedimentos oriundos de todos os processos de montante e apesar de possuírem comunidades desenvolvidas de plâncton, a respiração excede a produção (VANNOTE *et al*., 1980).

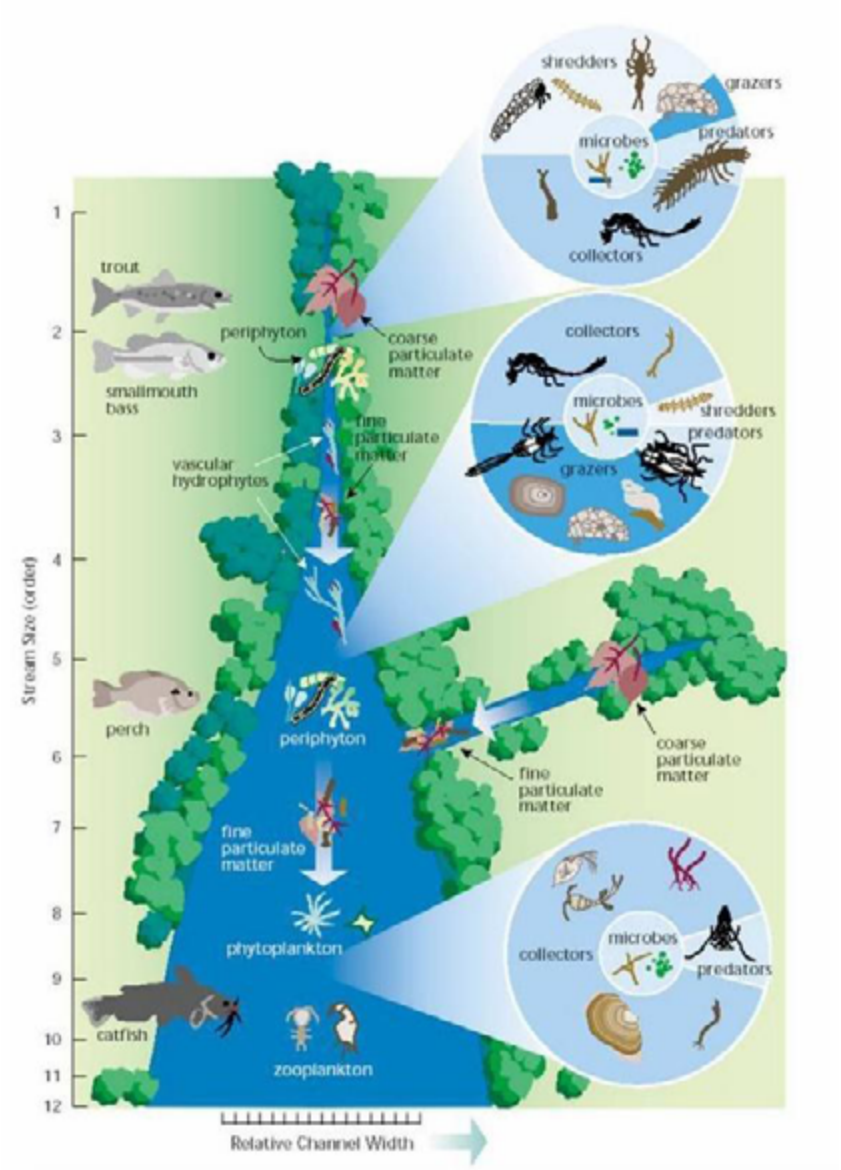


FIGURA 1: Relação predita entre o aumento do tamanho do canal e as mudanças graduais nos componentes bióticos e abióticos de sistema. Fonte: VANNOTE *et al.* (1980).

Observa-se uma mudança na relação entre produção primária (P) e respiração (R), caracterizando uma mudança gradual de um sistema heterotrófico para um sistema autótrofo. Outra relação do rio contínuo é a da redução da matéria orgânica particulada fina no sentido cabeceira-foz, devido aos efeitos de fragmentação resultantes dos processos físicos e biológicos. Em grandes rios o efeito da cobertura vegetal é insignificante, entretanto, a entrada de luz e, portanto, a produção primária ainda pode ser limitada pela turbidez e profundidade, causando ligeira queda na produção/respiração (VANNOTE *et al*., 1980).

Em vista disso, o objetivo desse trabalho consiste em analisar a geomorfologia e a ecologia da bacia hidrográfica do rio Bacanga, São Luís- MA, tendo como base as escalas em que operam as variáveis físicas em sistemas complexos, através das teorias de Visão de Rede e Visão de Trechos relacionados com a Teoria do Rio Contínuo, com o intuito de auxiliar no planejamento e gestão das bacias hidrográficas.

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Bacanga (102,18 km²), definida como área de estudo, ocupa a porção noroeste do município de São Luís - Maranhão, (coordenadas 2º32'26" e 2º38'07" S e 44º16'00" e 44º19'16" W), como mostra a figura 2.

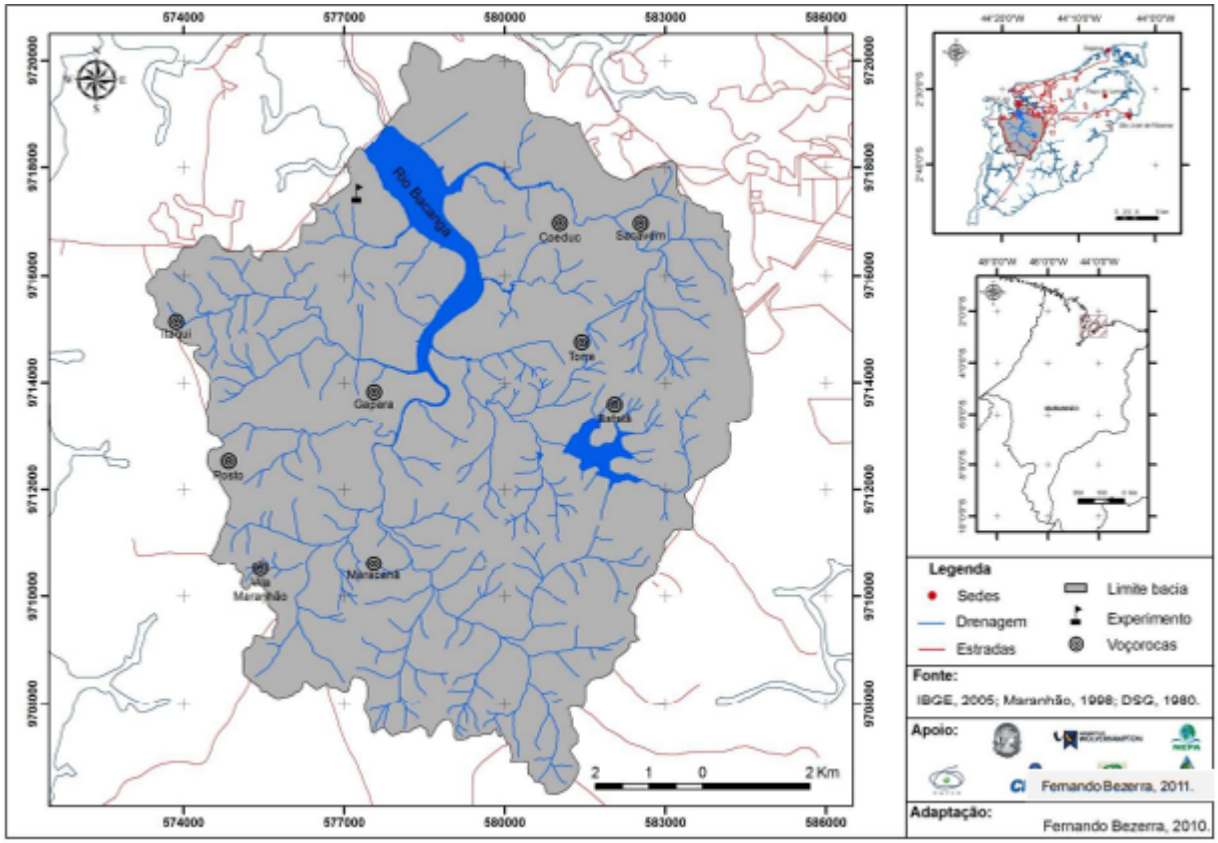


FIGURA 2: Localização da bacia do Bacanga. Fonte: Bezerra (2011).

Metodologia

A pesquisa está apoiada em revisão bibliográfica (geomorfologia e ecologia) e cartográfica da bacia hidrográfica do Bacanga. Constituiu-se uma base cartográfica e um banco de dados gerenciados pelo SIG (Quantum Gis). O que permitiu o cruzamento das variáveis ambientais (geologia, geomorfologia, hidrografia) com o padrão urbano da bacia hidrográfica. Foram utilizadas imagens do Google 2019, Landsat/TM5, Landsat/TM8, cartas topográficas, elaborada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG), em escala 1:10.000, 1980, com cursas de nível em intervalo de 5m. Todo processamento digital de imagens foi realizado através do software QGIS Desktop 2.18.0. (Quantum Gis).

A bacia hidrográfica do Rio Bacanga foi descrita a partir dos modelos de e zoneamento e da teoria do contínuo, propostos por Vannote *et al* (1980) e das escalas representadas através das teorias de Visão de Rede e Visão de Trecho, parâmetros considerados por Cullum *et al* (2008), na caracterização do contínuo fluvial e da geomorfologia do rio. As avaliações espaciais da qualidade da água do rio Bacanga foram feitas sob diferentes condições de urbanização. Esta pesquisa limitou-se aos estudos geomorfológicos e ecológicos do rio principal (rio Bacanga), visto que o rio principal é o corpo receptor de todos os processos que ocorrem em uma bacia hidrográfica.

Resultados

4.1 Visão de Rede (Continuidade)

A Visão de Rede (também conhecida como continuidade fluvial) propõe o entendimento de padrões consistentes de estrutura e função (física e biológica) ao longo do curso do rio. Desse modo, aplicamos a Visão de Rede na Bacia do Bacanga analisando suas dimensões longitudinal, lateral, vertical e temporal.

4. 1. 1 Dimensão longitudinal

Na bacia hidrográfica do Bacanga ocorre uma intensa ação hidrológica na elaboração do relevo, como mostra a figura 3. Segundo Macedo (2011), seu regime hidrológico depende das precipitações sazonais e dos níveis de marés. No período de estiagem, é quase que inteiramente vinculado com o fluxo destas marés, com poucas contribuições relevantes de montante; na época das chuvas, há um notável acréscimo de vazões que provocam oscilações nos níveis d'água do canal apenas em regiões de montante, devido a Barragem do Bacanga.

O principal curso d'água da bacia é o próprio rio Bacanga, com 22 km. De acordo com Araújo et al. (2009), a bacia é de 5ª ordem, a densidade de drenagem é de 2,40 km/km² e o comprimento da rede de drenagem é de 254,60 km. Seus afluentes (alguns intermitentes) apresentam regime hidrológico dependentes das precipitações que são sazonais e do nível de maré a jusante no corpo do rio.

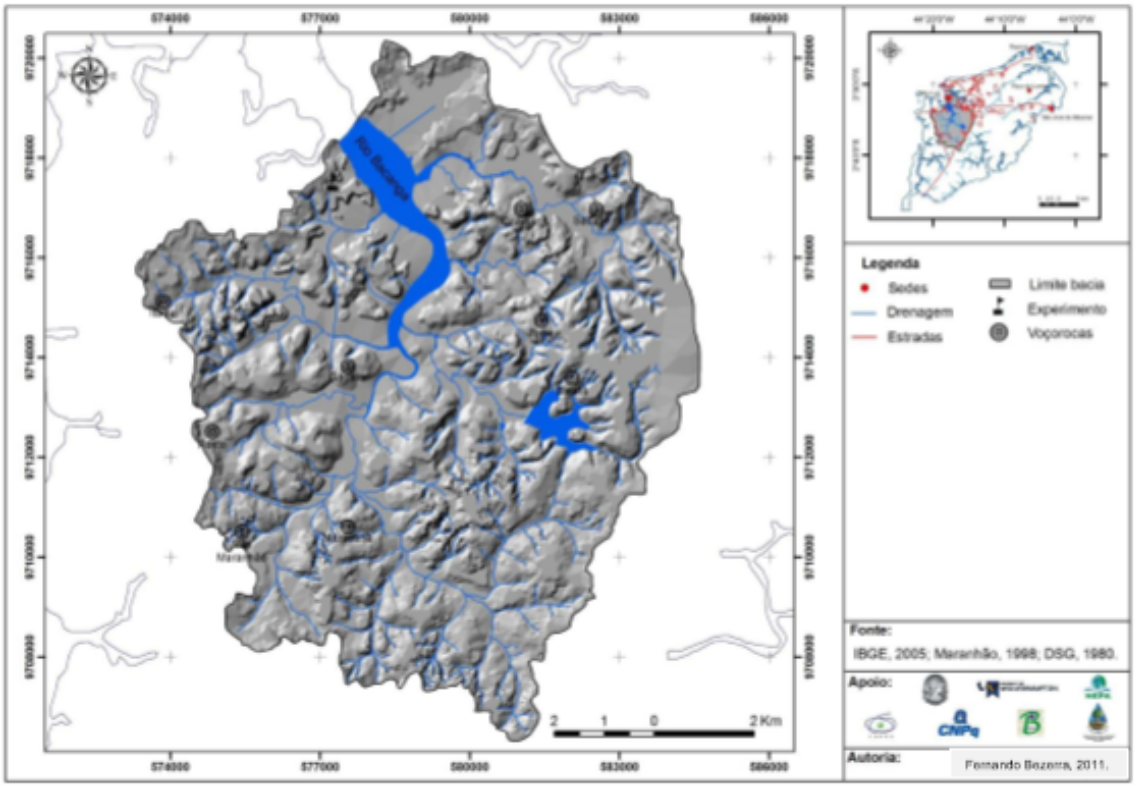


FIGURA 3: Hidrografia da Bacia do Bacanga. Fonte: Bezerra (2011).

4. 1. 2 Dimensão Lateral

As características geomorfológicas da bacia do rio Bacanga são resultantes das forças de origem climática e oceanográfica, bem como a ação antrópica mais recentemente. No entanto, a hidrodinâmica fluvial, representada pelos afluentes

do rio Bacanga, é o principal agente responsável pelos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, que influenciam a esculturação do relevo, dando origem ao modelado característico da área.

De acordo com Maranhão (1998), evidencia-se a atividade dos rios no modelo das áreas emersas através da produção e da distribuição dos sedimentos ao longo dos cursos fluviais. No entanto, a hidrodinâmica marinha contribui com a produção de detritos, pelo solapamento de barreiras e cordões arenosos, e sua distribuição ao longo da costa, junto com os sedimentos de origem fluvial.

Conforme Bezerra (2011), as principais feições geomorfológicas identificadas na área da bacia do rio Bacanga foram: Superfície tabular (11,40 km2), colina dissecada (59,06 km2), planície fluvial (16,42 km2) e planície fluviomarinha (8,35 km2). Como mostra a figura 4.

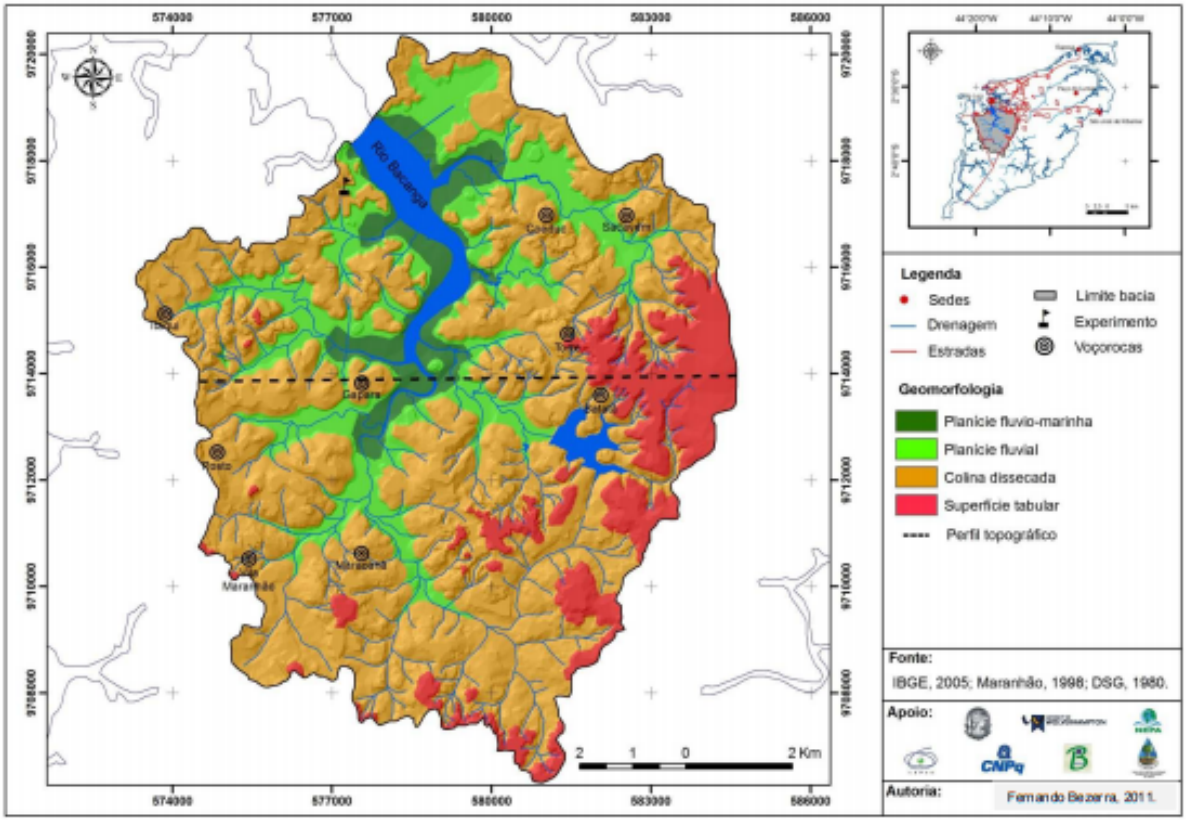


FIGURA 4: Geomorfologia da Bacia do Bacanga. Fonte: Bezerra (2011).

A planície fluviomarinha, ocupada por áreas de manguezal, está submetida aos efeitos dos agentes oceanográficos, como correntes e marés, e aos processos fluviais a montante. O manguezal é um ecossistema de grande poder de regeneração, sendo considerado patrimônio biológico e cultural, em que se sobressai à alta produtividade pesqueira (BEZERRA, 2011). No entanto, devido ao processo de urbanização, o ecossistema de manguezal está sofrendo uma forte degradação.

A planície fluvial é constituída por depósitos provenientes da sedimentação fluvial, cujo poder de deposição depende da competência dos rios em seu baixo curso. As planícies correspondem a áreas essencialmente planas ou levemente inclinadas, contendo principalmente matéria orgânica e sedimentos com granulometria arenosa, areno argilosa e síltico-argilosa. Essas feições geomorfológicas são faixas rebaixadas, sujeitas a inundações periódicas pelo rio Bacanga e seus

afluentes durante o período chuvoso, e pela maré semidiurna próxima à desembocadura (*ibid*, 2011).

Os tabuleiros representam as superfícies mais elevadas da bacia, estão dispostos principalmente na porção leste, possuindo superfícies aplainadas esculpidas nas formações Barreiras (Idade Terciária) e Itapecuru (Idade Cretácea). As colinas dissecadas e esparsas foram modeladas na Formação Itapecuru e Barreiras (BEZERRA et al., 2014).

4. 1. 3 Dimensão Vertical

Conforme Sousa (2000), o sistema aquífero da Ilha do Maranhão é um pacote de camadas sedimentares areno-argilosas que se depositaram na região cratonica da Bacia Costeira de São Luís ao longo dos períodos Cretáceo e Quaternário – entre 1 e 135 milhões de anos – constituído, principalmente, pelas formações geológicas Itapecuru e Barreiras. Este abrange uma superfície de 907 km2 e uma área de recarga estimada em 690 km2. Em função da sua constituição litológica e da vazão específica média de 2,94m3/hm, o aquífero é classificado, do ponto de vista hidrogeológico, como de potencial fraco.

A figura 5 apresenta a síntese das principais características das unidades geológicas - geotécnicas mapeadas na Bacia do Bacanga. De acordo com Feitosa (2006), em toda Ilha do Maranhão, assim como na bacia do rio Bacanga, as estruturas geológicas superficiais são constituídas por rochas da Formação Itapecuru (originárias do Cretáceo) sobrepostas, em algumas áreas, por camadas da Formação Barreiras que datam do Terciário e por sedimentos quaternários da Formação Açuí. As rochas de idade Terciária estão dispostas, principalmente, nos tabuleiros e nas vertentes, enquanto os sedimentos quaternários estão na zona litorânea e nas desembocaduras dos rios.

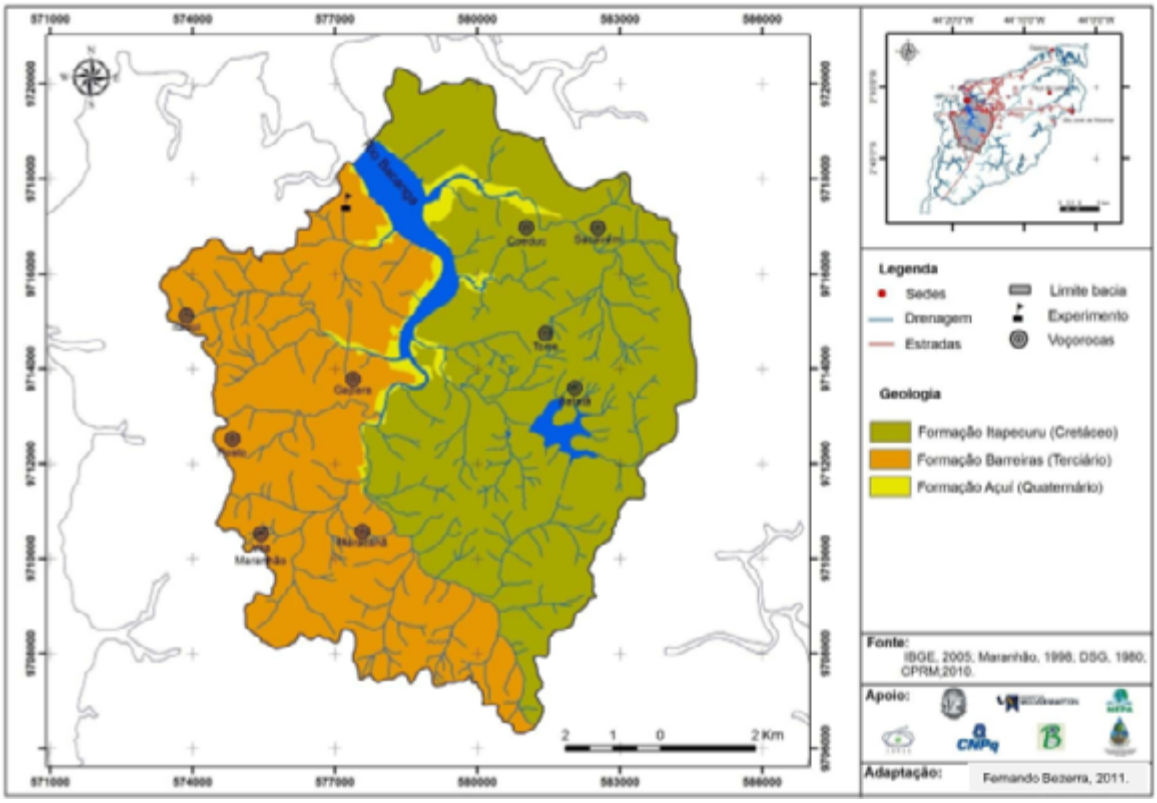


FIGURA 5: Geologia da Bacia do Bacanga. Fonte: Bezerra (2011).

4. 1. 4 Dimensão Temporal

Para compreender as mudanças têmporo- espaciais que ocorrem dentro de uma bacia hidrográfica é necessário conhecer o processo de ocupação que a mesma sofreu. De acordo com Pereira (2017), entre as décadas de 1970 e 1980, a população urbana da cidade de São Luís apresentou um crescimento de 83,06%. As causas são destacadas a partir de dois pontos principais: um referente ao processo de êxodo rural da população pobre do Estado em direção a capital e o outro a partir dos investimentos em infraestrutura urbana provenientes do capital estatal (Sistema Financeiro de Habitação e Banco do Nordeste) concomitante aos investimentos gerados pelo capital industrial (Vale e Alumar).

De acordo com o último censo demográfico do IBGE realizado em 2010, a população da cidade de São Luís era 1.014.837 habitantes, com estimativa de 1.082.935 habitantes no ano de 2016. Em 2010, a população residente na área rural do município era de 56.315 pessoas (5,6%) enquanto na área urbana era de 958.522 (94,4%). Segundo Macedo (2011), a população da bacia hidrográfica do Bacanga em 2011 era de 312.063 habitantes, distribuídos irregularmente.

Na bacia do Bacanga, o crescimento populacional foi condicionado pela topografia e proximidade entre centro histórico e corpo d'água (COELHO, 2011). A figura 6 apresenta o processo de urbanização da bacia do rio Bacanga nos anos de 1984 a 2014.

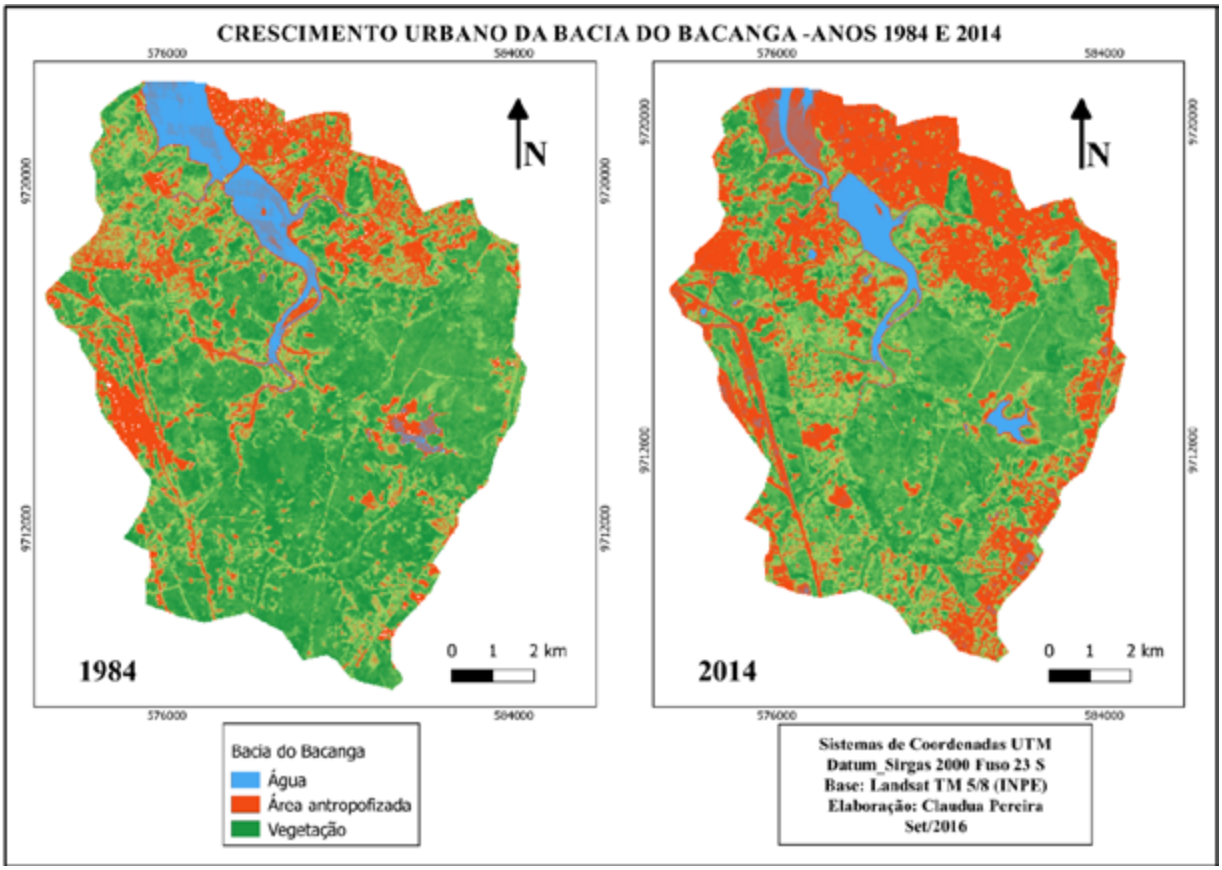


FIGURA 6: Crescimento Urbano da Bacia do Bacanga-Anos 1984 e 2014. Fonte: Pereira (2017).

Segundo Ferreira (2007), dentre os fatores que impulsionaram a urbanização, está à construção da barragem do Bacanga. Essa barragem mantém o nível da água do reservatório, aproximadamente, na cota 2,5 a 3,5 metros (DNH), o que permitiu a ocupação de áreas marginais da bacia que antes eram alagadas durante as preamares (a amplitude local de maré é de sete metros). O aterro possibilita acumulação de água até 6,5 metros (admitida como cota máxima de preamar). Além disso, em 1973, a inauguração da Avenida Médici, dentro dos limites da área inundada do reservatório, obrigou a manutenção do nível da lâmina de água bem abaixo da sua real capacidade de acumulação e contribuiu ainda mais para a ocupação de áreas que naturalmente ficavam submersas na maré de enchente, como é o caso dos bairros da Areinha, Coroado e Coroadinho.

4.2 *Visão de Trecho (Descontinuidade)*

Segundo Marçal e Lima (2016), na visão de trechos, é dado enfoque às análises de descontinuidades e controles locais que produzem heterogeneidades na paisagem. As feições que ocorrem nesta escala são resultantes diretas das interações entre fluxo e sedimentos, refletindo a distribuição de energia ao longo de um trecho do rio. Dessa forma, apresentaremos alguns pontos da bacia hidrográfica do rio Bacanga que sofreram descontinuidades através de obras de engenharia como a barragem.

A barragem do Bacanga teve sua construção iniciada em 1968, sofrendo várias paralisações e, finalmente, foi concluída em 1973 (Figura 7). O seu projeto executivo foi realizado pela empresa SONDOTÉCNICA entre os anos de 1966 e 1967 (FERREIRA, 2007). Os principais objetivos da barragem eram:

permitir a ligação rodoviária entre São Luís e o Porto de Itaqui, reduzindo a distância entre 36 km para 9 km;

promover o saneamento de áreas a montante do barramento, através da criação da represa que submergiria os manguezais e lodo existentes, os quais eram descobertos nos períodos de baixamar;

favorecer a ocupação imobiliária, decorrente do crescimento da cidade, para o estabelecimento de novas áreas urbanas, formadas a partir da construção da barragem, que impediria que os níveis de maré voltassem a atingir aquelas cotas de inundação;

A Barragem do Bacanga vem sofrendo com antigos problemas, dentre os quais: esgoto in natura (doméstico e industrial) lançados diariamente no rio; estação de tratamento de esgoto (ETE) desativada; aberturas e fechamentos irregulares de comportas que alteram parâmetros de oxigênio do rio no espaço associado à barragem, a qual dá acesso rodoviário rápido da população do município ao porto do Itaqui.

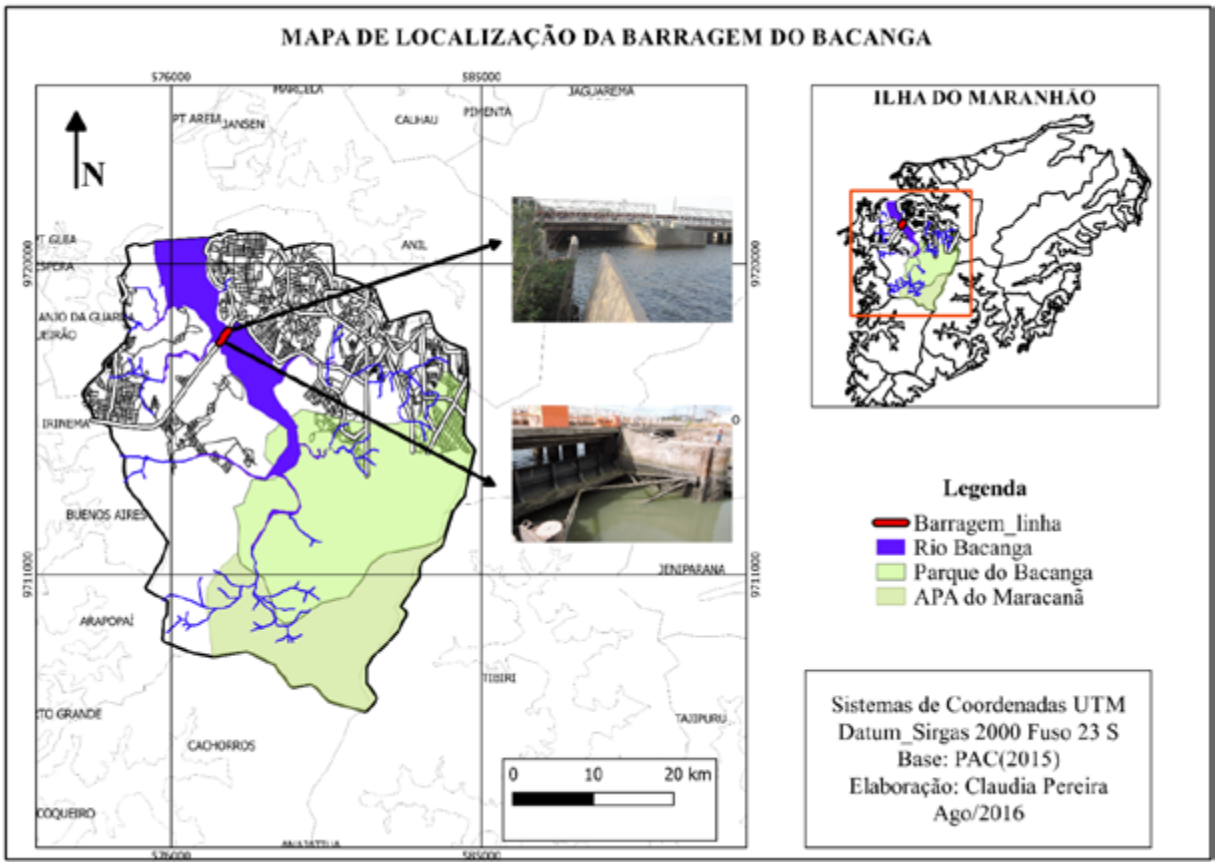


FIGURA 7: Localização da Barragem do Bacanga. Fonte: Pereira (2017).

4.3 Teoria do Rio Contínuo

Na bacia do Bacanga nota-se uma mudança no gradiente de modificação da paisagem. No **alto curso** (cabeceira), com curso d'água de 1ª ordem. As nascentes estão praticamente destruídas, exceto no Parque Estadual do Bacanga, que constitui área de preservação permanente, nas superfícies mais elevadas. Na transição entre a montante e a jusante tem sua paisagem natural modificada pela urbanização. No **médio curso**, área pouco vegetada, urbanizada, alguns afluentes foram canalizados, e o rio sofre com a falta de saneamento. Na transição, há uma intensificação da urbanização. No **baixo curso**, margem pouco vegetada, urbanização consolidada, construção de uma barragem e uma ponte.

Quanto à ecologia da bacia, de acordo com Martins (2008), foram identificadas 36 espécies de peixes no rio Bacanga. As espécies mais abundantes são: *Diapterus rhombeus, Cetengraulius edentulus, Mugil incilis, Hexanematichthys bonillai* e *Mugil curema.* A **montante** encontra-se espécies de *T. rendalli*. Nesse local, a abundância dessa espécie exótica sobre muitas nativas revela uma grande alteração do ecossistema. Existe competição entre as espécies nativas e exóticas pela exploração do ambiente e seus recursos. Visto que algumas espécies nativas ainda têm encontrado hábitat para sua sobrevivência. Na **jusante** são encontradas espécies do gênero Centropomus, que são predadores.

O uso do solo na bacia do rio Bacanga pode ser dividido em cinco classes: vegetação arbustivo-arbórea (correspondentes a APA do Maracanã e ao Parque do Bacanga), vegetação rasteira-arbustiva, solo exposto, urbano e água. A área apresenta uma rica biodiversidade associada ao manguezal, porém, sofre com os problemas ambientais oriundos da intensa urbanização tais como: assoreamento,

aterramento do mangue, lançamento de lixo, desmatamentos, queimadas, contaminação das águas por esgoto lançado in natura e eutrofização das águas da Barragem do Bacanga.

O assoreamento pode causar problemas de perda de volume de reservatório, redução da água para abastecimento, redução da profundidade de canais, produção de cheias, alteração na qualidade da água e prejuízo ao lazer. Além disso, ocorre uma redução no volume de água do rio, que pelo excesso de detritos a água se torna turva e impede a penetração da luz, impossibilitando a renovação do oxigênio para os peixes e outros organismos precisam para sobreviver.

Quando o desmatamento é feito por meio de queimadas, destrói a fauna e a flora, matam os microorganismos do solo, o tornam mais pobre; calcinando a sua superfície, reduzem a penetração de água no subsolo. A ação da chama diminui a disponibilidade de alimento (fonte de energia) para os microorganismos, diminuindo, sobretudo a população da mesofauna do solo. Afeta em maior ou menor grau os micro-organismos e a fauna edáfica que utilizam o solo como habitat e que exercem funções importantes no solo como a ciclagem de nutrientes.

As alterações no fluxo da água salgada e a urbanização da margem direita da bacia do Bacanga ocasionada pela construção da Avenida Médici, acabam causando restrições de renovação do volume armazenando, o esgoto in natura que é lançado pelas casas e condomínios, no entorno, acaba por descaracterizar a localidade de manguezais reduzindo a qualidade ambiental além de transformar a área em um ambiente anóxico pela elevação do teor de matéria orgânica deflagrada, a qual, associada ao acréscimo dos resíduos sólidos, atrelados às modificações antrópicas na bacia de drenagem produziram a aceleração da colmatação, reduzindo a profundidade do canal. Devido o rio Bacanga receber esgoto de diversos bairros, sua água está negra e grossa e em determinados pontos exala forte mau cheiro em consequência da falta de oxigênio (eutrofização).

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. Segundo ESTEVES (1998), durante o período chuvoso são introduzidos nos corpos d'água, grandes proporções de matéria orgânica e substâncias húmicas, encontrando-se altas concentrações de ácido sulfúrico, nítrico, acético, além de ácido carbônico que são formados, principalmente, pela atividade metabólica dos microorganismos aquáticos e, consequentemente, reduzem os valores do pH.

Sabe-se que quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microorganismos decompositores e consequentemente, aumenta o consumo de oxigênio. A água com conteúdo de oxigênio dissolvido muito reduzido não sustenta peixes e organismos similares. Assim, a morte de peixes em rios poluídos se deve muitas vezes à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas.

Considerações Finais

A partir das consultas bibliográficas e cartográficas, que apoiaram as análises, foi possível correlacionar à geomorfologia fluvial com a ecologia através das teorias de sistemas fluvial complexo (visão de rede- continuidade e a visão de trecho-descontinuidade) e a teoria do Rio Contínuo, através de uma análise espacial. Bem como ilustrar a importância de estudos interdisciplinares para auxiliar na gestão da bacia hidrográfica.

A análise das bacias hidrográficas é fundamental importância, pois a água é um recurso essencial para sobrevivência de todas as espécies do planeta. A

questão central da gestão e do planejamento é a integração dos vários aspectos que interferem no uso dos recursos hídricos e na sua proteção ambiental. Desse modo, as teorias de Visão de Rede, Trecho e do Rio Contínuo, tornam-se essenciais para a compreensão e contribuição dos processos de planejamento, gestão e desenvolvimento de estratégias sustentáveis.

Nessa perspectiva, o planejamento ambiental e a gestão de bacias hidrográficas se deparam com questões desafiadoras no que diz respeito aos impactos humanos nos rios, portanto, necessitam de reflexões que envolvam conhecimento sobre comportamento e mudanças nas trajetórias dos rios, essencial para se buscar resposta para o manejo e gestão de bacias hidrográficas.

Referências

ARAÚJO, E. P. de; TELES, M. G. L.; *et al.* **Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM.** São Luís – Ma., 2009.

BEZERRA, J. F. R. **Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia de solos na bacia do rio Bacanga, São Luís– MA**, 2011. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. ***Geomorphology and River Management****: Applications of the River Styles Framework*. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2005.

COELHO, M. T. de M. **Risco de Inundação à fragilidade do sistema de drenagem na região metropolitana de São Luís -MA**, 2011. Tese (Doutorado em Urbanismo), Programa de Pós-Graduação em Urbanismo – PROURB, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

CULLUM, C.; BRIERLEY, G. J; THOMS, M. The Spatial Organization of River Systems. In: BRIERLEY, G. J.; KIRSTIE, A. (Eds.) ***River Futures****: an Integrative Scientifc Approach To River Repair.* Island Press, Society for Ecological Restoration International, p. 43-64, 2008.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FEITOSA, A. C**.** Relevo do Estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica. *In*: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology**. Goiânia, 2006.

FERREIRA, R. M. da S. do A. **Aproveitamento da energia das marés usina maremotriz do Bacanga, MA**, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) Programa de Engenharia Oceânica. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

LANA, C.; CASTRO, P.T. Respostas da rede de drenagem à heterogeneidade geológica em bacias hidrográficas: uma comparação entre as bacias do Alto Rio das Velhas e Jequitaí — MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6, Goiânia. ***Anais*****.** Goiânia, Brasil, 2006.

MACEDO, L. A. A. de. **A urbanização da ilha de São Luís e seus impactos ambientais nos recursos hídricos**. São Luís: EDUEMA, 2011.

MANDELBROT, B. B. ***The fractal geometry of nature***. San Francisco: W. H. Freeman and Co., 1983.

MARÇAL, M. dos S.; LIMA, R. N. de S. Abordagens Conceituais Contemporâneas na Geomorfologia Fluvial. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, V. 6, N.1, p. 17-33, 2016.

MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Diagnóstico ambiental da microrregião da aglomeração urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário**. São Luís, 1998.

MARTINS, A.L.P. **Avaliação da qualidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Bacanga (São Luís – Ma) com base em variáveis Físico-Químicas, Biológicas e Populacionais**: Subsídios para um manejo sustentável, 2008. Dissertação

(Mestrado em Sustentabilidade em Ecossistemas) Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade em Ecossistemas, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.

PEREIRA, C.R.P. **Índice de Risco de Inundação como ferramenta de planejamento urbano**, 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

PEREIRA, E.D.; ZAINE, J.E. **Mapa Geológico - Geotécnico da bacia do rio Bacanga, São Luís (MA)**. São Paulo: UNESP, Geociências, v.26, n.1, p.45-54, 2007.

POOLE G. C. Fluvial Landscape Ecology: Addressing Uniqueness Within the River Discontinuous. ***Freshwatter Biology***, v. 47, p. 641-660, 2002.

SOUSA, Sergio Barreto de. **Sistema Aquífero da Ilha do Maranhão (MA).** 1st Joint World Congress on Groundwater, 2000.

VANNOTE, R.L, MINSHANLL, G.W, CUMMINS, K.W, SEDELL, J.R & CUSHING, C.E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 37, p. 130-137, 1980.

WARD, J. V. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. ***Journal of North American, Benthological Society***, v. 8, p. 2-8, 1989.

STANFORD, J. A. The Serial Discontinuity Concept: Extending the Model to floodplains ***Rivers. Regulated Rivers: Research & Management***, v. 10, p. 159-168, 1995.

GEOMORFOLOGIA E GEODIVERSIDADE COMO FATOR DE ORGANIZAÇÃO E EXPANSÃO URBANA NA SERRA DO SINCORÁ – BAHIA: O EXEMPLO DE MUCUGÊ E ANDARAÍ

Dante Severo Giudice
Universidade Católica do Salvador (UCSAL) / Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) Al Rio da Prata 8 z CS-01 Condominio Stella Sun, Stella Maris, Salvador-BA 41600-745
E-mail: dsggeografia@gmail.com
André Lucas Palma Barbosa
Universidade Católica do Salvador (UCSAL) Rua São Gabriel, Conj. Hab. Pq. Santa Rita. Bl 06, Apt 302, Itinga, Lauro de Freitas 42739675
E-mail: andre.barbosa@ucsal.edu.br
Cleidson de Oliveira
Universidade Católica do Salvador (UCSAL) Rua Doutor Antônio de Oliveira nº111-ECEP: 41390090 E-mail: cleidsongeohumanas@gmail.com

Resumo

O presente trabalho trata de como os aspectos físicos, como a geomorfologia, bem como a geodiversidade que a englobam, influenciam na organização e expansão urbana das cidades de Serra do Sincorá, neste primeiro momento, com enfoque nas cidades de Mucugê e Andaraí. A morfologia condiciona o traçado urbano delas, de forma muito evidente, como aqui será mostrado no desenvolvimento desta pesquisa. É pretensão nossa ampliar este estudo as demais cidades da Serra do Sincorá.

Palavras Chave: Geomorfologia. Geodiversidade. Expansão Urbana. Serra do Sincorá.

Abstract

The present work deals with how physical aspects, such as geomorphology, as well as the geodiversity that encompass it, influence the organization and urban expansion of the cities of Serra do Sincorá, in this first moment, focusing on the cities of Mucugê and Andaraí. Morphology conditions their urban layout, in a very evident way, as will be shown here in the development of this research. It is our intention to extend this study to other cities in the Serra do Sincorá.

Keywords: Geomorphology. Geodiversity. Urban Expansion. Serra do Sincorá.

1. Introdução

Esta pesquisa tem como finalidade, mostrar/estudar os fundamentos conceituais para a compreensão de alguns termos que na atualidade estão sendo discutidos e consolidados na academia, nas últimas décadas, a exemplo de geodiversidade e outros a ele relacionados.

Tais termos passaram a ser mais discutidos e estudados em muitos países, inicialmente em países mais desenvolvidos e depois passaram a ser parte das pesquisas em outros países, entre eles o Brasil. Atualmente são alvo de estudo em diversas áreas, tais como geologia, museologia, turismo, arquitetura, artes, direito, economia, educação e geografia. Nesta última, na geografia física, geomorfologia, e também na lógica de ocupação e expansão das cidades, já que são condicionantes da expansão urbana.

A Área estudada está situada no Território de Identidade da Chapada Diamantina, onde se insere a Serra do Sincorá, que abrange os municípios de Palmeiras, Lençóis, Andaraí, Mucugê, Ibicoara e Barra da Estiva. Selecionamos para nossa pesquisa aqueles de Mucugê e Andaraí. Nestes, a expansão da malha urbana de suas sedes, que cresceram a princípio devido a exploração recursos naturais ligados à mineração, e depois pelo turismo, com base nas rugosidades deixadas pelo primeiro ciclo, foi condicionada pela geodiversidade, através da geomorfologia onde o relevo limitava e direcionava esta expansão. Assim este artigo procura também analisar de que modo estas cidades se desenvolveram, mesmo com as limitações físicas.

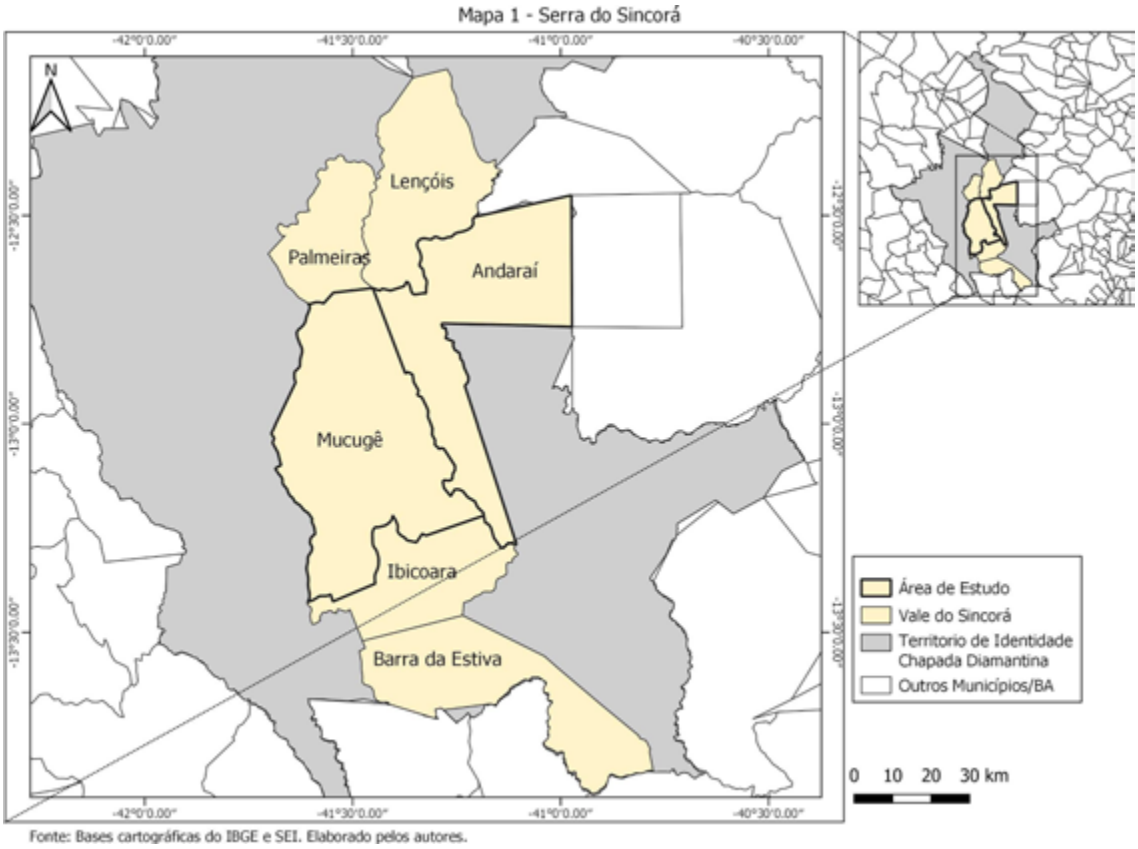


Figura 1 – Mapa de localização da Serra do Sincorá e Área de Estudo

Material e Métodos

O presente trabalho é de caráter bibliográfico, dessa forma, para atingir aos objetivos propostos, baseou-se na consulta de livros, artigos, teses e dissertações que abordam a temática da geodiversidade, patrimônio geológico, geoconservação e geomorfologia, possibilitando assim uma análise teórica a respeito da geodiversidade e geomorfologia, visando de modo geral, mostrar a importância da geodiversidade e geomorfologia, como fator de organização e expansão urbana.

Fundamentação Teórica

Para desenvolvimento do trabalho se faz necessário buscar autores que definem termos que são o cerne da nossa pesquisa.

De uma maneira geral, a geodiversidade é a representação dos aspectos abióticos da terra, porém não só apenas os atrelados ao passado geológico, tais como, minerais, rochas, fósseis, etc., mas inclui também os processos naturais que envolvem a geomorfologia.

O termo geodiversidade só começou a ser conhecido no início dos anos 1990, utilizado por geólogos e geomorfólogos, para tratar da variedade do meio abiótico (Gray, 2004).

Entretanto não existe certeza quando ele foi citado a primeira vez, mas existe probabilidade que tenha sido na Austrália (Tasmânia). Foi lá que o termo foi utilizado por Sharples (1995), em estudos de conservação geológica e geomorfológica. Mais tarde, o mesmo Sharples (2002) a definir como "a diversidade de

características, conjuntos, sistemas e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas de paisagem) e do solo".

Para a discussão sobre geodiversidade, faz-se necessário trabalhar os termos relacionados a esse contexto, no sentido de elucidá-los e conceituá-los dentro de nossa pesquisa. Dessa forma, Sharples (2002, p. 55) chama a atenção para a distinção entre três termos frequentemente utilizados:

Geodiversidade é uma qualidade que nós tentamos conservar, geoconservação é o esforço de tentar conservá-la e patrimônio geológico compreende os exemplos concretos representativos dos recursos e processos pelos quais nós direcionamos nossos esforços de gestão a fim de conservá-los. Esses três termos não são sinônimos, mas sim complementares. (Tradução nossa)

O primeiro a ser enfocado, que é o tema do presente capítulo, é a geodiversidade, que apesar de ser utilizada por uma considerável quantidade de pesquisadores, ainda não é de uso consensual, no entanto, existe certa preocupação com a sua conceituação.

Geodiversidade começou a despertar atenção recentemente, na década de 1990, quando se deu início a sua utilização por geólogos e geomorfólogos, para descrever a variedade do meio abiótico (GRAY, 2004). Entretanto, esse autor afirma ser difícil precisar quando ele foi utilizado pela primeira vez, muito provavelmente na Austrália (Tasmânia), pois, segundo Nascimento e colaboradores (Ruchkys/Mantesso-Neto), "neste país o termo geodiversidade foi utilizado por Sharples (1993), Kiernan (1994, 1996, 1997) e Dixon (1995 e 1996), em estudos de conservação geológica e geomorfológica".

Existem registros de que na Conferência sobre Conservação Geológica e Paisagística, que teve lugar em Malvern, no Reino Unido, em 1993, já se tratou do termo geodiversidade, embora não tenha recebido apoio significativo, registros esses feitos por Gray (2004), Brilha (2005) e Nascimento e colaboradores (2008).

Em 1994, em seu trabalho sobre origem e uso do termo geótopo (sinônimo de geossítio, mais utilizado por autores alemães), Wiedenben utilizou também o termo geodiversidade, para tratar da conservação desses sítios.

No ano seguinte, Sharples (1995) definiu geodiversidade como sendo a variedade (ou diversidade) de feições, assembleias, sistemas e processos geológicos (rochas), geomorfológicos (modelados) e pedológicos (solos). Essa breve definição inclui implicitamente os processos hidrológicos e climáticos (atmosféricos), na medida em que esses estão envolvidos nas formações geológica, morfológica e pedológica.

Segundo Nascimento e colaboradores (2008), em 2001, a Royal Society for Nature for Nature Conservation, do Reino Unido, definiu geodiversidade como "a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra".

Já Sharples (2002) afirma que "geodiversidade deve ser considerada, sob diferentes perspectivas, como algo de valor e que deve ser conservado".

Vários pesquisadores têm fornecido extensas listas de razões pelas quais se devem valorizar determinados substratos rochosos, formas de relevo, feições características dos solos e seus processos.

Sob essa perspectiva, o Devon Country Council considera que a geodiversidade contribui para a qualidade de vida de várias formas: a) apreciação: uma vez que as características geológicas são apreciadas e admiradas em todo o mundo e que atraem turistas; b) conhecimento: ao se estudar essas características, somos capazes de compreender melhor a evolução e a história do nosso planeta; c) produtos: refere-se à extração de materiais, fósseis e minerais para fins comerciais, e d) processos/funções naturais: uma vez que os fenômenos geológicos naturais providenciam alguns serviços essenciais, como o abastecimento de águas e a utilização da energia geotérmica.

No Brasil, esse conceito foi sistematizado por Silva e colaboradores (2001), e pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em publicação de 2008, com proposta bastante geográfica de dar uma contribuição no uso adequado do território, objetivando o planejamento do ordenamento territorial sustentável. Assim, geodiversidade é definida como:

O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico.

Patrimônio natural (que compõe a geodiversidade) é considerado o conjunto de recursos naturais de valor científico/cultural, educativo e/ou recreativo, e se constitui por formações e estruturas geológicas, morfologia, depósitos sedimentares, minerais, rochas, fósseis, solos e demais manifestações geológicas que permitem conhecer, estudar e interpretar a história geológica da Terra, os processos que a modelaram, os climas e paisagens do passado e presente, e a origem e evolução da vida sobre este planeta.

A geodiversidade é o suporte fundamental para o desenvolvimento e evolução de qualquer forma de vida, incluindo a humana, e, é difícil de compreender que as questões relacionadas com a geoconservação raramente são tratadas com o mesmo grau de aprofundamento que a bioconservação, mesmo porque elas estão intimamente relacionadas.

Nessa perspectiva, vários autores, a maioria deles ligada à geologia, começaram a se dedicar ao estudo da geodiversidade, o que veio a contribuir para o detalhamento do conceito.

Assim, em 2004, Kiernan definiu a geodiversidade como a natural extensão da diversidade geológica (rochas, minerais, fósseis) geomorfologia (processos morfológicos) e feições dos solos. Isso inclui suas semelhanças, inter-relações, propriedades, interpretações e organização.

Existem divergências na concepção de geodiversidade, pois, há a corrente que opta pela linha mais restritiva, e a interconecta exclusivamente aos minerais, rochas e fósseis, e outra tendência que considera o termo mais abrangente, englobando também, como afirma Nascimento e colaboradores (2008), os processos que podem estar agindo em sua gênese, e que no momento podem estar em andamento (atuação). Em nossa concepção, o termo é bastante abrangente, englobando inclusive a biodiversidade que depende do espaço para existir, muito embora essa seja muito mais estudada, basta entrar em sites de pesquisa e se verifica a desproporção daquele termo em relação a esse.

Nessa mesma linha, Gray (2004) afirma em seu livro Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature, que a geodiversidade está relacionada à variedade natural de aspectos geológicos/geomorfológicos.

Se a Geologia estuda a Terra em função do tempo, a Geografia em função do espaço, a Geomorfologia estuda o relevo da Terra em função do tempo e do espaço.

Desta forma, a geomorfologia estuda as formas de relevo, tendo em vista a origem, estrutura, natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que, de modo geral, entram como fatores construtores e destruidores do relevo terrestre (Guerra e Guerra, 1997).

Para Jatobá & Lins (2008) a geomorfologia é a parte da Geografia Física que se dedica à análise da gênese e evolução do relevo terrestre.

A geomorfologia é também definida como a Ciência geológica-geográfica que estuda o relevo terrestre, sua estrutura, origem, história do desenvolvimento e dinâmica atual (Hubp, 2012).

Para Casseti (1994) geomorfologia é uma ciência que tem como objetivo analisar as formas do relevo, buscando compreender as relações processuais pretéritas e atuais.

Geomorfologia e Geodiversidade como Fator de Organização do Espaço Urbano

A Geomorfologia, parte da geodiversidade (constituição morfológica) é um importante condicionante da expansão urbana, pois, essa expansão em áreas inadequadas causa sérios problemas ambientais. O impacto de uma ocupação desordenada, com uso inadequado dos espaços naturais e ocupação de áreas instáveis pode acarretar em problemas geoecológicos graves, pois, pode levar a desestabilização das vertentes, principalmente por processos de movimentação de massas.

Alguns autores se dedicam a essa vertente de análise, tomando em escala mais macro, a geodiversidade, como condicionante da expansão, na perspectiva da compartimentação geomorfológica, dentre eles Gauttieri e Hiruma (2007). É fato que o conhecimento da geodiversidade dos sítios urbanos é básico na determinação do uso do solo e da susceptibilidade dos processos erosivos, permitindo reconhecer áreas de maior potencial de risco, que necessitam maior atenção do poder público. Esses autores utilizam em seus trabalhos, unidades diagnósticas que depois são agrupadas em três classes de aptidões: a) áreas favoráveis à ocupação; b) áreas de uso restrito; c) áreas de preservação.

Gauttieri e Hiruma (2007) afirmam que:

O entendimento da evolução da paisagem e da combinação dos fatos geomorfológicos nela envolvidos é importante para o tratamento de problemas ambientais, e para o planejamento de intervenções deliberadas nos espaços naturais. O reconhecimento das características geomorfológicas do sítio urbano permite identificar fatores favoráveis ou desfavoráveis à sua ocupação, limitações e possibilidades de uso do solos, susceptibilidade potencial à erosão, sendo portanto essencial para a definição das áreas de preservação, de uso restrito, e de ocupação urbana.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta ao planejamento ambiental, tem sido muito utilizado para fins de planejamento e manejo de recurso natural na escala urbana, regional, estadual, nacional, de órgãos governamentais, conforme Lima (1996).

O uso da tecnologia de geoprocessamento permite delimitar os condicionantes estruturais que interferem na expansão do conjunto urbano, tornando-se responsável pelo controle e organização das cidades, definindo as áreas propícias para expansão urbana.

Segundo Dias e colaboradores (2004):

[...] as melhores áreas-potenciais para a expansão urbana ocorrem nas áreas mais baixas, e nas baixas encostas onde os solos são mais adequados às fundações. Entretanto, os fatores físicos (morfologia, morfometria, solo, altitude, geologia, etc.), em conjunto com os elementos naturais da paisagem (cobertura vegetal), e os parâmetros antrópicos (uso e ocupação do solo), também são importantes na delimitação de áreas potenciais para a expansão urbana.

Na região de estudo a geodiversidade tem evidente importância na expansão das cidades, onde a estrutura geológica condiciona a ocupação, isso é evidente sobretudo nas cidades de Lençóis, Ibicoara, Palmeiras, Mucugê e Andaraí (estas duas últimas, objeto deste trabalho), já que as cidades de Nova Redenção (Fig. 1) e Iraquara (Fig. 2), por estarem situadas em áreas planas sobre a formação Salitre, formada por pelitos, calcários, e dolomitos, não apresentam obstáculos para expansão.



Figura 1 – Nova Redenção. Imagem *Google Earth Pro*, giro da imagem em direção ao horizonte. Imagem capturada em 20 set.20.



Figura 2 – Iraquara. Imagem *Google Earth Pro* giro da imagem em direção ao horizonte. Imagem capturada em 20 set.20.

Entretanto, em Mucugê, os arenitos da formação Tombador, formam uma barreira à expansão da cidade para oeste, levando a mancha urbana a ocupar as áreas de cobertura tercio quaternárias, delimitada pela estrada (BA-052) que forma o anel viário da cidade. Esse fato fica evidente nas fotos aéreas apresentadas nas figuras 3, 4, e 5, onde é mostrado esse alinhamento da ocupação desde a matriz na entrada da cidade, até praticamente a saída para a referida rodovia na direção de Barra de Estiva.



Figura 3 – Mucugê. Foto aérea, 2009.



Figura 4 – Mucugê. Mucugê. Imagem *Google Earth Pro*. Imagem capturada em 20 set.20.

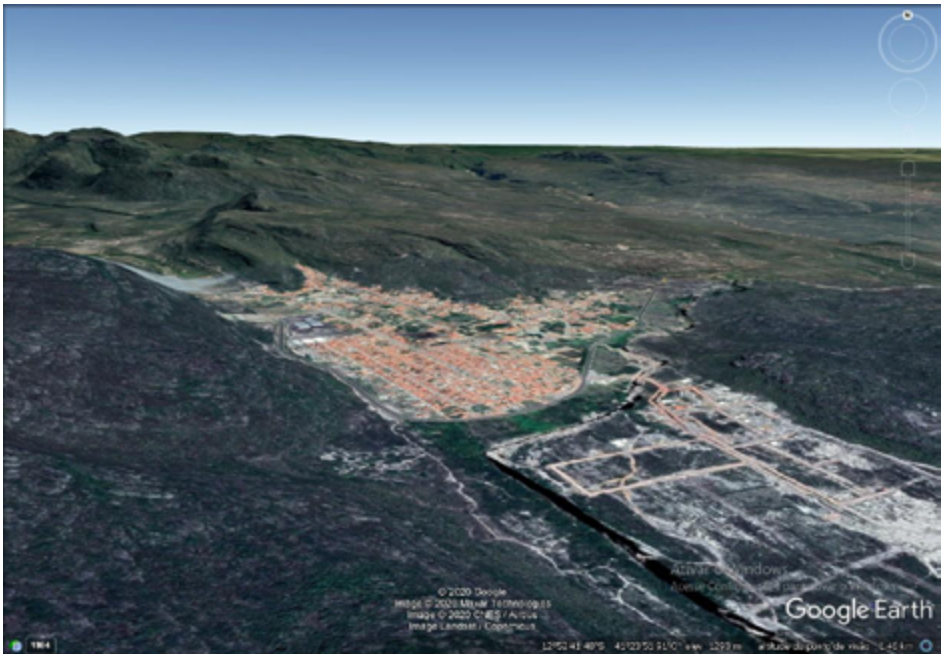


Figura 5 – Mucugê. Imagem *Google Earth Pro* giro da imagem em direção ao horizonte. Imagem capturada em 20 set.20.

Andaraí tem o seu sítio urbano encaixado nas rochas da formação Tombador, em um vale por onde corre o rio Paraguaçu, que também é condicionador da expansão urbana (Figuras 6 e 7).



Figura 6 – Andaraí. Imagem *Google Earth Pro*. Imagem capturada em 20 set.20.

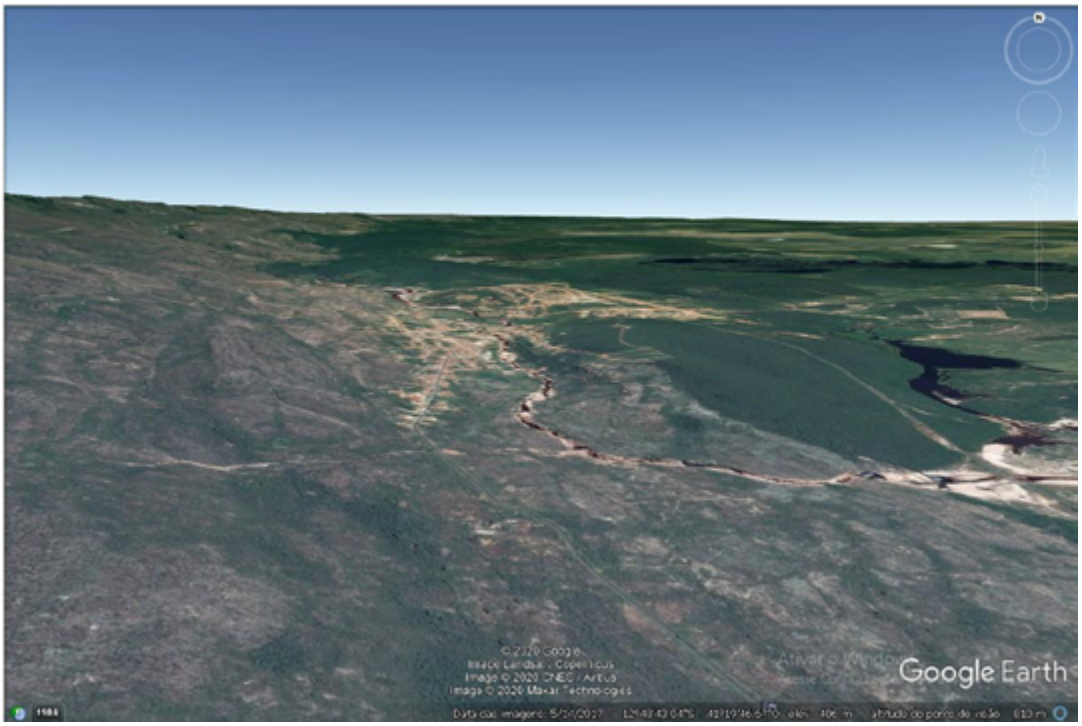


Figura 7 – Andaraí. Imagem *Google Earth Pro*, giro da imagem em direção ao horizonte. Imagem capturada em 20 set.20.

Enfim, esses elementos da geodiversidade, bem delimitados geograficamente, e que devido a sua peculiaridade ou raridade, apresentam valor científico, cultural ou econômico, deverão ser alvos de especial atenção nas políticas de desenvolvimento, em especial nas de ambiente e de ordenamento/ocupação territorial, pois, delas serão delineadas as lógicas territoriais.

Portanto, a geodiversidade na região, serve como base para se entender como funciona a lógica territorial, onde as condições geológicas propiciaram a existência de diamante e ouro que levaram a ocupação da região e o surgimento das cidades, que depois seriam utilizados como atrativos juntamente com os recursos naturais, para uma nova fase de territorialização que viria dar novos contornos econômicos, promovendo o desenvolvimento local. Este desenvolvimento se sustenta nas políticas públicas (ou geopolíticas), principalmente estaduais que a partir da década de 1980 procurou incentivar o turismo como forma de resgatar a região da estagnação econômica.

Considerações Finais

Podemos afirmar, com base nos casos estudados, nas observações e dados levantados no âmbito deste trabalho, que o povoamento da região da Chapada Diamantina, em particular na Serra do Sincorá, no estado da Bahia, teve como principal vetor a sua Geodiversidade, das mais diversas formas e com intensidades diferenciadas. Sem dúvida alguma, a correlação Geodiversidade versus Lógicas Territoriais, tem na Chapada Diamantina, um dos seus grandes exemplos, delimitando e influenciado, inclusive a expansão urbana, como das cidades aqui estudadas, Mucugê e Andaraí. Essa peculiaridade nos instigou a pensar na ampliação do estudo a outras cidades.

Referencias

BRILHA, J.B.R. Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na vertente geológica. Viseu: Palimage Editora, 2005.

CASSETI, V. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo: Contexto, 1994.

DIAS, J.E.; GOMES, O.V. de O.; GOES, M.H. de B.O uso do geoprocessamento na determinação de áreas favoráveis a expansão urbana no município de Volta Redonda, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Geografia,

v. 13, nº 2, jul/dez 2004. UFRJ. Rio de Janeiro. PRODETUR/NE II – PDITS Chapada Diamantina

GAURRIERI, M.C.M.; HIRUMA, S.T. A Expansão urbana no planalto de Campos do Jordão. Diagnóstico geomorfológico para fins de planejamento. Revista do Instituto Geológico, São Paulo. n. 25, v. 1/2, 2004.

GRAY, M. Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. London: John Wiley & Sons Ltd., 2004.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, José Antônio Teixeira. Novo dicionário geológicogeomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HUBP, J. L. La superficie de la Tierra, I: Un vistazo a un mundo cambiante. Ciudad de Mexico: Ed. S.L. FONDO DE CULTURA ECONOMICA DE ESPAÑA, 2012.

JATOBÁ, L.; LINS, R. C. Introdução à Geomorfologia. 5 ed. Recife: BAGAÇO, 2008.

KIERNAN, K. Book review: Geodiversity. Valuing and Conserving Abiotic Nature by J. M. Gray, Journal of Quaternary Science, v.19, n. 8.

LIMA, M.A. Planejamento urbano: utilização do Sistema de Informação Geográfica – SIG, na avaliação socioeconômica e ecológica – um estudo de caso. In: ROMEIRO, A.R.; REYDON, B.P.; LEONARDI, M.L.A. (coord.). Economia do meio ambiente: teorias, políticas, e a gestão regional. Campinas: Unicamp, 2006.

NASCIMENTO, M.A.L. do; RUCHKYS, U.A.; MONTESSO-NETO, V. Geodiversidade, geoconservação e geoturismo. São Paulo: SBG, 2008.

SHARPLES, C. Concepts and principles of geoconservation. 2002. Documento PDF disponibilizado na Tasmanian Parks & Wildlife Service website. Disponivel em:

<http://www.parks.tas.gov.au/geo/conprin/define.html>. Acesso em: 27 de outubro de 2009.

SHARPLES, C. Geoconservation in forest management - principles and procedures. Tasforests, v. 7, p. 37-50, Forestry Tasmania, Hobart, dez. 1995.

WEIDENBEN, F.W. Origin and use of the term “getope” in German-speaking countries. In: O´HALLORAN, D.; GREN, C.; HARLEY, M.; STANLEY, M.; KNILL, J. (eds) Geological and landscape conservation. London: Geological Society, 1994.

GEOSSISTEMA E COMPLEXIDADE: REFLEXÕES SOBRE A RELAÇÃO HOMEM/ NATUREZA

Arthur Philipe Duarte Braz da Silva
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Rua Coronel Waldemar Basgal nº 775, Jaboatão dos Guararapes (PE), CEP 54310-285
E-mail: arthurwylde11@gmail.com
Rodrigo Dutra Gomes
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n Recife (PE), CEP 50740-530
E-mail: rdutragomes@gmail.com

Resumo

O Geossistema ou "sistema territorial natural" é, nas conjunturas atuais da Geografia, o principal objeto de estudo do campo da geografia física uma vez que esse modelo permite conceitualmente um estudo integrado dos elementos "naturais" da paisagem. Nos autores mais clássicos, como V. B. Sotchava e também G. Bertrand, devido a resquícios da tradição naturalista oriunda do século XIX que repercutem no modelo, o fator antrópico é anexado conceitualmente, mas não passando de um sistema oponente (dialético) causador de desequilíbrio (entropia) no sistema "natural". Entretanto, a Teoria da Complexidade, também de raízes sistêmicas, traz novas leituras e possibilidades à pauta a partir principalmente dos princípios dialógico, recursivo e hologramático e da noção de emergência. Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo fazer uma aproximação dos principais modelos geossistêmicos com a teoria da complexidade com a finalidade de repensar a relação humano/natural no modelo tanto no quesito epistemológico quanto metodológico. Portanto, a partir desses estudos considera-se o fator antrópico como emergência do sistema natural e não mais como um elemento essencialmente antagônico ao modelo o que consequentemente resgata e põe à tona os sistemas de ações e os sistemas simbólicos e assim se coloca em evidencia o domínio das condutas e da possibilidade de derivações antropogênicas positivas no ambiente complexo.

Palavras-chave: complexidade; fator antrópico; geossistema; relação homem/natureza

1. Introdução

O contexto da Complexidade é uma das principais perspectivas do conhecimento científico na atualidade, com considerações envolvendo e repercutindo nas diversas áreas. A construção da relação entre Geografia e Complexidade deve ocorrer tanto pelo contato com suas abordagens, categorias, conceitos, entendimentos e autores, quanto em estreito contato com o empírico. Em um movimento complementar discutindo a teoria e testando empiricamente. Um dos principais desafios é reverter essas discussões teóricas em atitudes e procedimentos metodológicos. Tal discussão já vem sendo realizada por Dutra-Gomes (2010, 2013), Dutra-Gomes e Vitte (2010, 2014, 2017a, 2017b, 2017c, 2018). A teoria e modelo Geossistema tem sido um dos focos de inquérito (DUTRA-GOMES E VITTE, 2017c, 2018). Numa primeira etapa realizou-se o contato entre a concepção de hierarquia e diálogo entre os conhecimentos e depois realizando uma releitura sobre as chamadas 'esferas geográficas' trazendo sentidos estranhos à tradição científica pautado no naturalismo.

Nesse contexto, o Geossistema deixa de ser um fenômeno natural e objetivo. Os fenômenos humanos deixam de ser apenas fatores de desequilíbrio e passam a ser elementos integrante do jogo geossistêmico. Neste movimento, a concepção e discernimento das hierarquias no Geossistema pela Complexidade se dão pela interação entre domínios de manifestação causal e simbólico, com o causal interagindo com o simbólico e vice-versa. Não se pode mais considerar um sem o remetimento do outro, inclusive entre as escalas indivíduo/sociedade, mesmo que for apenas em relação aos discernimentos. Na perspectiva organizacional as unidades e domínios tornam-se discerníveis, e não pode mais se ausentar da influência do sujeito que fez a seleção. As unidades de paisagem discernidas na abordagem Geossistêmica (geótopo, geômero, etc.) deixam de ser objetivas (existente em si) e passam a ser consideradas como um conjunto de relações discernidas pelo pesquisador em determinada escala. Em meio ao jogo ordem/desordem, homogeneidade/diferenciação, a preocupação é vislumbrar os mecanismos e condições internas que permitem conceber a homogeneidade como "adaptativa" e em processo de diferenciação. Isso a partir da forma como os seus mecanismos internos se estruturam, articulam e dinamizam entre si; incluindo como se adaptam às forças de origem externa a partir dessas interações dinâmicas. Nessa perspectiva, trazem-se ao debate os princípios da complexidade de forma a rever como o fator antrópico é considerado e repensar a relação sujeito/objeto (homem/natureza).

Nestas condições podemos perguntar: Considerando os princípios da Complexidade que concebe o Geossistema como um sistema complexo, múltiplo em domínios e escalas, quais entendimentos podem ser destacados a partir dessa aproximação teórica? Com base nessa questão, o presente artigo tem como objetivo uma aproximação dos principais modelos geossistêmicos com a teoria da complexidade com a finalidade de repensar a relação humano/natural no modelo tanto no quesito epistemológico quanto metodológico.

Para a relação teoria-modelo, houve um aprofundamento das pesquisas bibliográficas já iniciadas (DUTRA GOMES, 2010, 258p). Para a leitura da teoria e modelo Geossistema, tornamos em diálogo com a Complexidade as proposições das correntes russas, francesas e brasileira – utilizando também trabalhos práticos-empíricos a partir destas propostas. De uma forma geral, localizamos nas propostas geossistêmicas os entendimentos e noções que sofreram reinterpretações pelos avanços ligados à Complexidade e discutir as repercussões de forma a 'atualizar' os princípios e procedimentos do modelo. Nas proposições russas dialogamos com V. B. Sotchava. O diálogo com as proposições francesas foi concentrado nas propostas de Georges Bertrand (BERTRAND & BERTRAND, 2002); contudo, também serão destacados textos e autores franceses que

pensaram o Geossistema, como Rougerie & Beroutchachvili (1991, 302p.). Os diálogos com as propostas e pesquisas geossistêmicas brasileiras foi utilizado, por exemplo, os textos de Monteiro (1978, 43p., 2001). Autores ligados ao contexto da Complexidade como Maturana e Varela (2001), Prigogine (1996, 199p.), Morin (1975) trarão apoio para a discussão da concepção do humano no Geossistema.

Assim, em termos estruturais, no primeiro momento se propõe a caracterizar o geossistema conforme V. Sotchava, G. Bertrand e Monteiro considerando de forma sucinta as raízes epistêmicas de tais abordagens. Posteriormente explanam-se os princípios gerais do pensamento complexo e como estes repercutem no geossistema de forma teórica e metodológica.

2. O modelo geossistêmico

O modelo geossistema foi constituído e formulado a partir de um contexto de reformulação paradigmática a respeito do objeto de estudo da Geografia Física no cenário neopositivista da Nova Geografia na segunda metade do século XX. Derivado da Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy, o estudo de Geossistemas surge com o russo V. B. Sotchava na década de 60, uma vez que ele viu a necessidade de diferenciar o objeto de estudo da Geografia Física do já elaborado conceito de ecossistema e do polissêmico conceito de paisagem já a muito utilizado pela geografia russa. Sotchava também enfatiza as diferenças entre o ecossistema e o geossistema. Em termos gerais, os ecossistemas são totalidades biocentricas de forma a considerar os demais elementos naturais a partir das interações com fator o biótico. Já os geossistemas, além de abranger os complexos biológicos, assumem caráter policêntrico não tendo nenhum elemento como um pressuposto analítico a priori (SOTCHAVA, 1977).

Segundo ele, os geossistemas ou “sistemas territoriais naturais” são “uma classe de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados” (SOTCHAVA, 1977, p.9). Outra definição elucidativa e resumida do geossistema na teoria de Sotchava é que, em suma, ele “[...] pode ser definido como o espaço terrestre de todas as dimensões, onde os componentes individuais da natureza se encontram em uma relação sistêmica uns com os outros, e, como uma integridade determinada, interatuam com a esfera cósmica e com a sociedade humana” (RODRIGUES, SILVA, 2019). Isso já expressa a importância do modelo como objeto de estudo do campo da geografia física como um todo uma vez que o geossistema pressupõe um estudo integrado dos elementos da paisagem considerando a troca de matéria e energia, assim como a interferência humana nos sistemas ambientais. Além disso, o modelo tem um elevado potencial de síntese geográfica, mesmo este sendo pautado em termos naturalistas.

Sotchava deixa claro também a existência objetiva dos geossistemas, sendo esses passiveis de serem discernidos na paisagem a partir de seu caráter fisionomicamente homogêneo auto-evidente (DUTRA-GOMES, 2017). Ou seja, o geossistema, em suas concepções mais tradicionais, possui uma ontologia própria, uma existência em si mesmo independente do sujeito pesquisador que o delimita e classifica.

Outro geógrafo que explorou o conceito de geossistema foi Georges Bertrand que aborda o fenômeno como uma categoria concreta no espaço formado por três componentes: ação antrópica (social); potencial ecológico (abiótico), sendo esse composto pelo relevo, clima e hidrologia; e a exploração biológica (biótica), composta pela fauna, vegetação e solo (BERTRAND, 2009). Assim, o Geossistema é um produto, uma síntese da interação dinâmica e contínua desses três componentes/fatores.

A classificação das unidades de paisagem no artigo de Bertrand intitulado "Paisagem e Geografia Física Global" se dá em função da escala de análise, culminando em unidades de paisagem superiores (Zona, Domínio e Região natural) e unidades inferiores (geossistema, geofácies e geótopo). Nessa perspectiva, o Geossistema é "coisificado" a partir de uma proposta escalar estática e estável de delimitação. Ou seja, no primeiro modelo bertraniano, os geossistemas são delimitados a partir hierarquias escalares fixas e das homogeneidades morfológicas discerníveis na paisagem.

Entretanto, em trabalhos posteriores, Bertrand muda seu modelo aproximando-o mais da abordagem de Sotchava. Assim:

O geossistema serve para designar um "sistema geográfico natural homogêneo associado a um território". Ele se caracteriza por uma morfologia, isto é, pelas estruturas espaciais verticais (os geohorizontes) e horizontais (os geofácies); um funcionamento, que engloba um conjunto de transformações dependentes da energia solar ou gravitacional, dos ciclos da água, dos biogeociclos, assim como dos movimentos das massas de ar e dos processos de geomorfogênese; um comportamento específico, isto é, para as mudanças de estado que intervêm no geossistema em uma dada sequência temporal. (BERUTCHACHVILI e BERTRAND, 2009, p. 93).

Já o modelo de classificação de geossistemas em Sotchava segue o que ele define como princípio bilateral, sendo este composto pela lógica da homogeneidade por um lado, que caracteriza os geômeros; e por outro lado a lógica da diferenciação, que define e delimita os geócoros (SOTCHAVA, 1977). De forma geral, o geômero é a unidade homogênea da paisagem e os geócoros são unidades diferenciadas compostas de geômeros em inter-relações funcionais.

O que vale destaque no momento é a forma como é tratado o fator humano nessas abordagens geossistêmicas clássicas. Em Sotchava, o elemento humano tem importância, mas não passa de desequilíbrio num sistema externo a ele. Já Bertrand anexa-o conceitualmente, só que sob uma abordagem dialética que trata o sistema social como oponente desestabilizador do sistema territorial natural. Essa questão se repercute também nas classificações das unidades de paisagem (geômeros, geofácies etc), visto que não parecem considerar o fator antrópico como inerente ao modelo.

A inserção do fator antrópico no geosistema se limita [...] a levar em conta o impacto econômico e social sobre o complexo territorial natural, isto é, às modificações impostas aos geofácies e aos geohorizontes e suas consequências sobre os "estados" e o comportamento do geosistema (BERUTCHACHVILI e BERTRAND, 2009, p. 98).

Tanto a ideia de supremacia humana sobre a natureza quanto a exclusão do primeiro em relação ao segundo fundamentaram-se sob bases epistemológicas que ganharam solidez ao longo da modernidade. É nesse período que juntamente com o desenvolvimento capitalista, se expressa a "megalomania" humana de subordinar a força natural a seus designíos (BATISTELA e BONETI, 2008).

O racionalismo cartesiano, através do dualismo mente/corpo e sujeito/objeto, foi um dos marcos que solidificaram a noção epistêmica do humano separado da natureza. Vale ressaltar que era uma ideia já teologicamente existente, entretanto é na modernidade que ela se torna fundamento epistemológico-científico.

Passou-se, assim gradativamente, à compreensão de que há uma subjetividade racional cognocente no humano e uma objetividade material cognoscível que é o mundo; a primeira instância independente, superior, conhecedora e ativa e a segunda, também independente, mas inferior, cognoscível e passiva. Há um mundo que existe objetivamente que eu posso conhecer, transformar e subjugar: eis o que pensa um típico homem moderno. (BATISTELA e BONETI, 2008, pag. 1104).

Essa concepção se faz presente também no geossistema. No modelo, o humano é abordado como polo dialético externo e em conflito com o sistema natural. Isso põe o fator antrópico como um dos problemas centrais do modelo teórico, visto que resgata a tradição naturalista que remonta o século XIX. Por naturalismo entende-se o paradigma, isto é, forma de conceber o mundo a partir da perspectiva das ciências naturais. A Geografia desde os primórdios de sua institucionalização tinha caráter naturalista. Entretanto, na segunda metade do século XX esse paradigma ganha nova força com a ascensão do neopositivismo proposto pela Nova Geografia.

A partir dessa perspectiva, o geossistema, mesmo com os avanços oriundos das abordagens sistêmicas, reduz os fenômenos antrópicos (socioeconômicos e culturais) em função do "natural". Ou seja, fragmenta-se a realidade complexa tratando o elemento humano apenas como fator de desequilíbrio/entropia num sistema em equilíbrio, além de externo a natureza.

Seguidamente, o pressuposto epistemológico da objetividade, um dos principais componentes da ciência tradicional, se faz presente nas abordagens clássicas do modelo. Por consequência o geossistema assume caráter ontológico deixando assim de ser um fenômeno e passando a ser uma totalidade objetiva discernível na paisagem a partir da fisionomia definida sob o princípio da homogeneidade. Assim "A objetividade pregava a necessidade de exclusão do sujeito e subjetividades no ato da pesquisa, pois preconcebia o acesso direto ao funcionamento objetivo da realidade pela aplicação do método científico" (DUTRA-GOMES e VITTE, 2018, p. 17).

Monteiro (2001) buscou rever essas questões em sua abordagem geossistêmica. Para ele, o geossistema é um Sistema Singular Complexo, sendo necessários modelos paralelos para a sua modelização. Além de considerar o humano como inerente à natureza, Monteiro, com os modelos paralelos, busca reduzir a redutibilidade dos fenômenos ao abordar áreas urbanizadas como objeto de estudo.

Minhas preferências pessoais procuram evitar a consideração das relações entre natureza e sociedade em termos de antagonismo entre sistemas oponentes. Antes procure encara-la dentro da perspectiva (embora incômoda à análise) de um sistema singular do tipo complexo, evolutivo e cibernético. O homem – parte integrante da natureza – tende (não sem razão) a ser visto como "vilão", responsável pela destruição da natureza. Será necessário conceder-lhe o credito de confiança (e a também razões para tal), de que ele pode e deve ser capaz de ser um elemento catalizador do jogo de relações e capaz de introduzir circuitos positivos de feed-backs regeneradores e auto-reguladores do sistema (MONTEIRO, 2001, p. 198).

Dessa forma, ele vai de encontro a perspectiva puramente dialética, o que abre espaço para o geossistema considerar os domínios de ação e conduta dos sujeitos atores na produção do espaço.

3. Geossistema pela Teoria da Complexidade

Assim como a abordagem geossistêmica, a teoria da complexidade surge como derivação das teorias sistêmicas do século XX (teoria da informação, cibernética e teoria geral dos sistemas). Etimologicamente, complexidade vem do terno latim *complexus* (tecido em conjunto) no qual "a primeira vista, é um fenômeno quantitativo, a extrema quantidade de interações interferências entre um número muito grande de unidades. [...] ela compreende também incertezas, indeterminações fenômenos aleatórios" (MORIN, 2015, p. 35-35).

Assim, entende-se por teoria da complexidade o emergente paradigma que deriva dos desdobramentos científicos decorrentes dessas três teorias citadas e do aprofundamento das noções, bases e conceitos. Sucintamente complexidade é, em sua essência, o enfrentamento e a inserção das incertezas no debate científico e tem como um dos principais entendimentos a inserção da contradição, do antago-

nismo e da não linearidade como fatores inerentes aos sistemas e seres maquinas. Segundo Vasconcellos (2013), a questão da complexidade surge a partir do problema lógico-científico oriundo das grandes descobertas científicas ao longo do século XX. Dessa forma, como qualquer paradigma, ela ascende devido à incapacidade do pensamento moderno de explicar questões do mundo fenomênico com suas ambiguidades, não linearidades, desordens e incertezas.

No entanto, para entender a Teoria da Complexidade é preciso entender como a ciência lida com a própria estrutura dos saberes. Entre os problemas do paradigma da ciência tradicional encontramos o limite do conhecimento, que consiste, de forma resumida, na fragmentação do saber. Com a formulação do paradigma proposto por Descartes no século XVII cria-se o "paradigma da simplificação", composto por princípios de disjunção, redução e abstração (MORIN, 2015). Organizar o conhecimento como um sistema de ideias lógicas, que usam a seleção de dados para separar, hierarquizar, centralizar, cria um paradigma que acaba por descartar a complexidade do real. O reducionismo e a disjunção tornam-se uma lógica central no paradigma científico juntamente a busca incessante do objetivismo.

É fato que a contribuição de Descartes foi importante para o desenvolvimento da ciência tradicional, porém é indispensável a ocorrência de uma mudança de paradigma que proporcione novas visões de mundo, visões configuradas para não deixar de lado os diversos campos do conhecimento. A fragmentação do saber resulta numa incapacidade de compreender a complexidade do real e esse pensamento disjuntivo, por sua vez, nos deixa um problema comunicacional entre ciência e filosofia. O isolamento das reflexões filosóficas dentro do conhecimento científico segue de uma ciência que não se conhece, que não reflete sobre si mesma.

O paradigma em que vivemos isola os campos do conhecimento, resultando em mais simplificação: transforma o complexo em simples. Isso mostra a necessidade do pensamento complexo, de um pensamento transdisciplinar, de um paradigma de distinção/conjunção, que opte por diferenciar sem dividir, de vincular sem reduzir (MORIN, 2015). Edgar Morin (2002) destaca os princípios que norteiam e que ajudam a pensar esse paradigma emergente, com destaque para o princípio dialógico e o princípio recursivo.

Segundo Morin, "o princípio dialógico pode ser definido como a associação complexa (complementar/concorrente/antagônica) de instancias necessárias em conjunto a existência, ao funcionamento e ao desenvolvimento de um fenômeno organizado" (2012, p. 110). A dialógica insere o antagônico, o concorrente e o complementar como uma associação complexa ou como um sistema complexo. Essa abordagem permite ir além dos reducionismos, pois os domínios inseridos no sistema passam a ser tratados como irredutíveis em função do outro. Aplica-la significa articular a unidade no seio da unidade (VASCONCELLOS, 2013).

Já o princípio recursivo, refere-se ao conceito de recursão organizacional que "complexifica" a noção de causalidade. Tradicionalmente, a ciência utiliza da noção de causalidade linear para entender os fenômenos da natureza. Nessa abordagem há uma rigidez determinista da relação causa-efeito de tal forma a não tornar relevante o caos e as relações não lineares. Entretanto, a noção de recursão organizacional põe se em perspectiva a causalidade circular, na qual a causa produz o efeito e este retroage sobre a causa produzindo-a. Trata-se assim de uma causalidade complexa, visto que seguindo a lógica clássica, o produto não pode ser produtor do próprio processo que o produz (VASCONCELLOS, 2013).

3.1 Os princípios da complexidade e o geossistema: algumas reflexões

A partir da teoria da complexidade e das derivações científicas decorridas desta tendo em consideração as discussões, entendimentos e conceitos, é possível

estabelecer tanto críticas quanto aproximações com o modelo geossistêmico tendo em vista as demandas e questões ambientais contemporâneas. Uma das questões centrais no geossistema é certamente a relação homem/natureza no modelo que, por assumir, por exemplo nas leituras francesas, o caráter dialético de abordagem e por ser um modelo pautado em termos naturalistas, o elemento humano juntamente com suas manifestações simbólicas e socioeconômicas são implicitamente externos ao "sistema territorial natural". Sendo assim, o fator antrópico é visto como polo dialético em conflito constante com o sistema natural, não passando assim de um *imput* de desordem/entropia em um sistema em "equilíbrio" tanto em Bertrand como em Sotchava (1978).

Todavia, o princípio dialógico, a recursão organizacional e a noção de emergência trazem novas perspectivas no que concerne à relação homem/natureza, podendo assim trazer contribuições significativas aos estudos geossistêmicos. Em termos dialógicos, um sistema complexo é um todo constituído de elementos antagônicos, concorrentes, mas também complementares. Assim, o antagonismo do sistema sócio-econômico-cultural, além de não ser um antagonismo filosoficamente necessário (como pressupõe a abordagem dialética), não é suficiente para tornar o ser humano um sistema essencialmente externo em conflito com o "sistema territorial natural" geossistêmico.

Da mesma forma o princípio recursivo, que permite entender os sistemas para além das linearidades, também permite a inserção do humano nos sistemas naturais. Consideramos o humano como produto da história natural, como fenômeno emergente que passa a retroagir sobre o ambiente, produzindo tanto o espaço quanto sua própria manutenção de existência. Nessa linha o humano á tratado como um sistema auto-eco-organizador devido a sua relação de autonomia/dependência em relação ao ambiente.

Por outro lado, emergência é a característica qualitativa própria de um sistema, trata-se de um salto qualitativo não redutível as somas das partes, é uma característica que se perde nos reducionismos. Eis então a máxima de que o todo não é redutível à soma das partes, pois um sistema é mais do que um conjunto de elementos em interação. As emergências também não existem só a nível global, mas também no plano dos elementos (subsistemas) e se perdem quando o sistema se fragmenta (MORIN, 2008). Sintetizando:

Pode-se chamar de emergências as qualidades ou propriedades de um sistema que apresentam um caráter de novidade com relação às qualidades ou propriedades de componentes considerados isolados ou dispostos diferentemente em um outro tipo de sistema" (MORIN, 2008, p. 137).

Assim, considera-se o *homo sapiens* como emergência do e no sistema natural que, em sua conduta social e mediado pela linguagem, produz cultura e torna-se humano. Vale destacar que os conceitos abordados pela teoria da complexidade articulam-se e assim, sinteticamente, as emergências carregam também condições de imposições e/ou cooperações do sistema no qual emergem. Podendo assim ser também menor do que as somas das partes.

Seguindo esse raciocínio, assim como o princípio hologramático, as emergências pela teoria da complexidade ajudam a avançar sob a as limitações reducionistas, que veem apenas as partes constitutivas, e as holísticas, que veem apenas as totalidades. A vista disso, os domínios socioculturais não são redutíveis em função do naturalismo neopositivista presente na abordagem geossistêmica.

A teoria da complexidade através do desenvolvimento da Biologia do Conhecer proposta por Humberto Maturana e Francisco Varela, expõe que a computação cerebral produz o cogito (mente/espírito) de forma a um retroagir sobre o outro. Morin destaca: "A cogitação (pensamento), emergente das operações

computantes da máquina cerebral, retroage sobre essas computações, utiliza-as, desenvolve-as e transforma-as formulando-se na linguagem" (2012, p. 129). O que era antes dissociado, a mente e o corpo, agora estão sistemicamente integrados.

Da mesma forma, o pressuposto epistemológico da objetividade científica entra em crise devido às questões decorrentes da Cibernética de Segunda Ordem e da biologia do conhecimento. Vale ressaltar que as críticas relacionadas à impossibilidade do conhecimento objetivo do mundo já se faziam presentes desde Kant a respeito do mundo numênico e fenomênico. Mas essa crise atual é "intracientífica". Através da Biologia do Conhecer de H. Maturana e F. Varela, Morin aborda os processos computacionais e cognitivos da máquina hipercomplexa (cérebro humano). Por esses estudos conclui-se que o conhecimento da realidade se dá de forma indireta através de uma mediação tradutora do mundo, as representações (2012). Estas representações são sínteses cognitivas capazes de construções e traduções análogas da realidade percebida, sendo essas determinadas pelo sistema nervoso. Isto é, inexiste a possibilidade de apreensão da realidade independente de um sujeito que julga, interpreta, delimita, discerne e experiencia o objeto. Maturana destaca a impossibilidade do conhecimento objetivo da realidade uma vez que a própria percepção não é uma absorção de traços do ambiente já que os seres vivos são determinados estruturalmente (2002). Enfatizando:

O fenômeno que conotamos com a palavra percepção não consiste na captação, pelo organismo, de objetos externos a ele, como implica o discurso usual da neurofisiologia e da psicologia. Tampouco consiste na especificação, por parte do meio, de mudanças no organismo, resultando em que esse organismo opere com base numa representação do meio na geração de sua conduta. Ao contrario, o fenômeno conotado pela palavra percepção consiste na configuração que o observador faz de objetos perceptivos, mediante a distinção de cortes operacionais na conduta do organismo, ao descrever as interações desse organismo no fluir de sua correspondência estrutural no meio. (MATURANA, 2002, p. 72)

Sob esses termos, a definição e classificação do Geossistema constitui um exercício puramente intelectual. A configuração, os limites e a taxonomia do Geossistema não são, portanto, determinados pelos elementos da natureza, incluindo o ser humano, mas pelos objetivos e capacidade de determinado pesquisador (DUTRA-GOMES, 2017). A relação dicotômica sujeito/objeto torna-se mais fluida uma vez que o sujeito-emergência depende de seu contexto, e o objeto (geossistema nesse caso), antes totalidade objetiva, torna-se uma representação, um modelo, uma simplificação da realidade numênica kantiana produzido, discernido e delimitado por um sistema observante.

Em virtude desta "complexificação" dos estudos sistêmicos, a classificação dos geossistemas também é posta à luz desse paradigma emergente. Tradicionalmente, principalmente no modelo bertraniano, a classificação dos geossistemas é definida a partir do princípio da homogeneidade. A taxonomia inicial de Bertrand se dá em função da noção escalar e das homogeneidades espaciais. Em trabalhos posteriores ele se distancia da rigidez da classificação escalar, tornando assim a homogeneidade como princípio inicial de delimitação das unidades de paisagem. Vislumbra-se isso no que ele define como estrutura dos geossistemas: geohorizonte e geofácies:

O geohorizonte. A estrutura vertical interna de um geossistema é determinada pela estratificação em geohorizonte. Em determinado momento, um geohorizonte se caracteriza por uma fisionomia (envoltório, forma, volume, textura, cor), por massas (massa total ou massa de cada componente), por energia (energia total ou energia de cada componente) [...]. Os geohorizontes são as estruturas verticais homogêneas que se superpõem umas às outras. [...] (BERUTCHACHVILI e BERTRAND, 2009, p. 94).

O geofácies. A estrutura horizontal interna é constituída, por um dado tempo, pelo mosaico de geofácies. [...] Define-se, assim, por certa fisionomia, certa massa e certa energia interna. Essa estrutura é variável ao longo do tempo e sua organização, a um preciso momento, corresponde a um "estado" do geofácie (BERUTCHACHVILI e BERTRAND, 2009, p. 94).

O princípio da homogeneidade no geossistema remonta a abordagem nomotética tão presente na Geografia Tradicional. Essa abordagem parte da busca de leis gerais e padrões que regem a dinâmica espacial, reduzindo assim as particularidades, o idiográfico da escala local. Ela deriva do paradigma positivista, no qual se sustentava devido aos pressupostos da estabilidade e da simplicidade dos fenômenos da natureza.

Entretanto, sob a abordagem da Teoria da Complexidade, os padrões fisionômicos tornaram-se insuficientes para uma classificação sintética da paisagem ou para a delimitação de um sistema complexo. Morin propõe uma nova visão a respeito da relação da unidade (uno) com o heterogêneo:

É ainda mais difícil pensar o uno e o diverso juntos: aquele que privilegia o uno (como princípio fundamental) desvaloriza o diverso (como aparência fenomenal); aquele que privilegia o diverso (como realidade diversa) desvaloriza o uno (como princípio abstrato). A ciência clássica se fundou no uno reducionista e imperialista, que rejeita o diverso como epifenômeno ou escória. Ora, sem um princípio de inteligibilidade que perceba o uno na diversidade e a diversidade no uno somos incapazes de conceber a originalidade do sistema. O sistema é uma compleição (conjunto de partes diversas inter-relacionadas); a ideia de compleição nos conduz à de complexidade quando se associa o um e o diverso. O sistema é uma unidade que vem da diversidade, que liga a diversidade, que traz em si diversidade, que organiza a diversidade, que produz diversidade[...]. É preciso então perceber o uno e o diverso como duas noções, não apenas antagonistas ou concorrentes, mas também complementares (MORIN, 2008, p.182-183).

Nessa perspectiva, as homogeneidades não anulam a diversidade intra-sistêmica que, em sua inter-relação produz sua organização e totalidade supostamente homogênea. "As emergências de níveis organizacionais com padrões morfológicos são os produtos destas relações complexas [...]" (DUTRA-GOMES e VITTE, 2018, p.16).

Percebe-se o problema da homogeneidade com a mudança de escala de análise uma vez que, aumentando a escala da unidade de paisagem, o que era homogêneo torna-se diversidade. Dentro de um sistema "homogêneo" há sistemas de sistemas, pois a totalidade é polissistêmica. "O mesmo "holon" pode ser considerado como ecossistema, sistema, subsistema, de acordo com a focalização do olhar do observador" (MORIN, 2002, pag. 176). Assim, "Tal preocupação, em termos operacionais, se concretiza na escolha das "unidades mínimas de análise" para a qual deve ser levado em conta o fato de que quanto maior a escala de abordagem espacial maior será a complexidade do jogo de relações sincrônicas" (MONTEIRO, 2001, pag. 209).

Portanto, a classificação deve pautar-se a partir das dinâmicas e condições internas do sistema de forma considerar a homogeneidade como adaptativa, produzida por um sistema dinâmico em constante processo de organização (DUTRA-GOMES e VITTE, 2018). Os processos locais produzem e compõem a totalidade do sistema que retroage sob as partes produzindo a organização que o compõe.

3.2. Repercussões metodológicas

Partindo dessa discussão, como principais entendimentos, insere-se epistemologicamente o humano no geossistema a partir dos princípios e conceitos destacados. Em termos dialógicos, o antagonismo não encerra o antrópico como elemento externo. Recursivamente, considera-se o humano como emergência que retroage sobre o espaço. Na mesma direção, o geossistema perde seu status ontológico a partir da biologia do conhecimento enfatiza-se seu caráter de modelo, de representação da paisagem complexa.

Uma vez destacados os problemas de abordagem do modelo, assim como seus pressupostos epistêmicos, se faz necessário uma revisão metodológica tanto no que concerne a abordagem dos estudos geossistêmicos quanto nos procedimentos metodológicos envolvidos nas pesquisas de campo.

Considera-se que a proposta metodológica ressaltada por Monteiro (1978) é a mais adequada para o estudo de geossistemas por se tratar de um modelo menos reducionista ao abordar o sistema singular complexo a partir de modelos paralelos irredutíveis, sendo um o sistema físico-natural e o outro socioeconômico somando-se agora, com a Teoria da Complexidade, os fenômenos de caráter cultural/simbólico presentes na inter-relação. Esses dois fatores antes essencialmente antagônicos são agora articulados, abrindo um novo leque de possibilidades aos estudos geossistêmicos, principalmente no que se refere às possíveis derivações antropogênicas positivas ou restauradoras dos sistemas ambientais degradados ou em processo de degradação. Considera-se assim porque é apenas inserindo e considerando os sistemas de ações e os sistemas simbólicos conceitualmente e praticamente que se põe em pauta o domínio das condutas e das ações em vias de debate.

Assim, em termos gerais, os trabalhos de diagnóstico ambiental devem integrar o que era desassociado. Os elementos culturais, simbólicos, imaginários, políticos e relações socioeconômicas incluem-se como fatores essenciais para entender a complexa dinâmica da paisagem com sua multiplicidade/infinidade de fluxos, domínios e relações sistêmicas e sincrônicas.

Tendo em perspectiva o panorama físico-natural da paisagem, consideram-se os mesmos parâmetros e fatores componentes do geossistema clássico (potencial ecológico e exploração biológica): geologia, clima, relevo, solo, hidrografia e vegetação em suas relações dinâmico-funcionais. Os tipos de dados considerados na pesquisa vão variar de acordo com os objetivos da pesquisa em andamento, dos fenômenos, e das questões ambientais a serem estudados e diagnosticados.

Já no referente modelo paralelo socioeconômico consideram-se os aspectos gerais do domínio da geografia humana como os aspectos demográficos, as configurações espaciais, o uso do solo, a qualidade de vida dos habitantes, assim como se devem levar em conta os processos de produção do espaço juntamente com seus agentes, as representações simbólicas e afetividades da comunidade em questão com o lugar fenomenológico vivido e seus geossímbolos.

Para tanto, é necessário aplicação de questionários e/ou a realização de entrevistas para a obtenção de informações de tipo a considerar as percepções (representações) das pessoas locais, assim como suas perspectivas e considerações em relação aos impactos e problemas ambientais discernidos na paisagem. Dessa forma o estudo ressalta tanto a ótica do pesquisador quanto a dos sujeitos em questão no que interessa a análise/síntese das questões ambientais. Por outro lado, uma vez rompida a possibilidade de um conhecimento puramente objetivo do mundo, sendo o geossistema um modelo delimitado e discernido pelo pesquisador, se faz importante deixar claro os objetivos e intencionalidades anteriores a definição das unidades.

Da mesma forma, sendo as unidades de paisagem geossistêmicas também classificadas e definidas arbitrariamente, estudos feitos em áreas ocupadas e/ou urbanizadas (de segunda natureza) podem também ser definidas como unidades diferenciadas da paisagem numa perspectiva “fisicalista” que transcende o paradigma naturalista até então hegemônico no modelo.

Assim sendo, como ressaltado por Dutra-Gomes e Vitte (2018), a ideia não é descaracterizar o Geossistema como modelo de estudos ambientais. Mas a partir de exposição de suas limitações epistêmicas, busca-se torna-lo menos disruptivo e mais próximo da complexidade do real numênico composto de uma multiplicidade de domínios que compõem e dinamizam o espaço geográfico em sua totalidade.

4. Considerações finais

A partir da aproximação da teoria dos geossistemas com a teoria da complexidade considera-se que o geossistema não é um fenômeno objetivo auto-evidente. Da mesma forma, a classificação de unidades de paisagem em termos naturalistas se expressa insuficiente para um entendimento das dinâmicas sistêmicas presentes em paisagens complexas. Assim, discutem-se as unidades de paisagem primeiramente sob o viés da diferenciação de forma aberta a estudos de áreas predominantemente de segunda natureza.

Pontua-se também que a partir da perspectiva da objetividade entre parênteses que se resgata o caráter de modelo ao geossistema, ou seja, de uma representação/simplificação das relações sistêmicas da paisagem interpretadas, delimitadas, caracterizadas e classificadas por um sujeito pesquisador. Da mesma forma, exposta a insuficiência do naturalismo reducionista para a leitura de sistemas complexos, considera-se o fator antrópico como emergência do sistema natural e não mais como um elemento essencialmente antagônico ao modelo. É a partir da inserção dos domínios humanos, a não naturalização de sua relação negativa com o espaço natural, que se ressalta o domínio das condutas e ações que dinamizam o espaço.

Assim faz-se necessária uma inclusão metodológica desses domínios simbólicos-culturais, políticos e também econômicos dentro do modelo para se ter um maior entendimento das "multimanifestações" dinâmicas nas unidades de paisagens delimitadas. Considera-se, portanto, que é a partir da introdução do humano no modelo que se abre espaço a um estudo mais profundo e abrangente dos fenômenos ambientais discernidos na paisagem.

Agradecimentos

Como agradecimento é dado destaque ao incentivo e financiamento da Fundação CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) sem o qual a publicação e a apresentação desse trabalho não seriam viáveis.

Referências

BATISTELA, A. C.; BONETI, L**. A relação homem/natureza no pensamento moderno.** In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – EDUCERE, 8. 2008; Curitiba**. Anais**... Curitiba, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2008. p. 1099- 1116.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico.** In: BERTRAND, C. BERTRAND, G. **Uma geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá. Ed. Massoni, 2009.

BERUTCHACHVILI, N. BERTRAND, G. **O geosistema ou "sistema territorial natural"**. In: BERTRAND, C. BERTRAND, G. **Uma geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá. Ed. Massoni, 2009.

DUTRA-GOMES, R.; VITTE, A. Geossistema e complexidade: sobre hierarquias e diálogo entre os conhecimentos. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 42, p. 149 - 164, dez. 2017.

DUTRA-GOMES, R. VITTE, A. **O Geossistema pela Complexidade: Uma releitura das Esferas Geográficas.** Revista Do Departamento De Geografia, 35, 2018. 15-27.

MATURANA, H. **A ontologia da realidade.** Org: MAGRO, C. GRACIANO, M. VAZ, N. Belo Horizonte, Ed. UFMG, 2002.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Derivações Antropogenéticas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: Perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. **Raega - O**

Espaço Geográfico em Análise, [S.l.], v. 5, dez. 2001.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 5º ed. Porto Alegre, Sulina, 2015.

MORIN, E. **O método 1**: a natureza da natureza. 2º ed. Porto Alegre, Sulina, 2008.

MORIN, E. **O método 3:** o conhecimento do conhecimento. 4ºed. Porto Alegre, Sulina, 2012.

RODRIGUES, J. M. M; SILVA, E. V. **Teoria dos Geossistemas** - o legado de V.B. Sotchava: Volume 1 fundamentos teórico-metodológicos. Edições UFC, Fortaleza, 2019.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**. São Paulo, IG-USP, n.16, 1978.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento Sistêmico**: o novo paradigma da ciência. 10º ed. Campinas – SP, Papirus, 2013.

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CACHOEIRA DE MINAS – MG COMO SUBSÍDIO PARA DIRETRIZES NO PLANO DIRETOR MUNICIPAL

Caio Faria da Cunha Barbosa Adorno
Universidade Federal de Alfenas
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Bairro: Centro - CEP: 37130-001
E-mail: caioadorno31@gmail.com
Clibson Alves dos Santos
Universidade Federal de Alfenas
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Bairro: Centro - CEP: 37130-001
E-mail: clibsonsantos@gmail.com
Ricardo Michael Pinheiro Silveira
Instituto Federal do Paraná
Rua João Negrão 1285, Curitiba, PR, CEP: 80230-150
E-mail: ricardomichaelps@gmail.com

Resumo

O ordenamento territorial e as transformações paisagísticas ilustram um processo em que a sociedade mantém uma relação de apropriação particular com a natureza. Emerge desta situação a necessidade de se desenvolver diretrizes capazes de subsidiar o crescimento urbano no contexto ambiental. Com bases geossistêmicas, a cartografia geomorfológica apresenta o potencial de uma proposta integradora para a análise da dinâmica dos sistemas antrópico e natural. O presente trabalho buscou destacar as características inerentes ao mapeamento geomorfológico do município de Cachoeira de Minas como alicerce à análise das características morfodinâmicas associadas a enchentes e risco geológico no contexto do Sul de Minas Gerais para aplicação em planos diretores municipais. Foram elaborados documentos cartográficos baseados na taxonomia do relevo proposta pelo IBGE (2009) com bases na ecodinâmica de Jean Tricart (1977) para estabelecer classes de ocupação da paisagem.

Palavras-chave: Ordenamento territorial, taxonomia do relevo e geomorfologia.

1. Introdução

Quando a temática do ordenamento territorial emerge na episteme geográfica, a questão de como os grupos sociais têm se desenvolvido em uma relação dominante com a natureza evidencia a sua apropriação como produto particular (NUNES, 2012). A transformação da paisagem ilustra um processo em que os interesses particulares do capital comprometem os recursos naturais (ABREU, 2003). A insaciável vontade do crescimento econômico junto da chegada dos pacotes tecnológicos delimita uma relação abusiva da sociedade com o meio em que está inserida.

A articulação das dimensões naturais e humana é o primeiro passo na busca por soluções dos problemas ambientais associados às áreas urbanas (BRAGA & CARVALHO, 2002). É nesse momento que a análise integrada do espaço geográfico emerge como proposta de avaliação das transformações na paisagem e na dinâmica natural dos sistemas.

Os diferentes níveis de conexão entre a organização espacial e o devido planejamento a ela associada ilustram como as apropriações, ocupações do relevo e distribuição dos núcleos urabanos é resultado de uma realidade carente de estudos geográficos. Neste contexto, surge a necessidade de se analisar a maneira como essa relação se desenrola (DREW, 1994). Com bases geossistêmicas, alicerçadas na Teoria Geral dos Sistemas de Bertlanffy (1969), a cartografia geomorfológica oferece uma proposta integradora para a compreensão do espaço.

Os mapas geomorfológicos constituem um inventário gráfico das formas de relevo e paisagem (SILVEIRA, 2019). São ferramentas essenciais que configuram a compreensão evolutiva dos processos e respostas da superfície terrestre (FLORENZANO, 2008), o que destaca seu potencial de análise e síntese (SILVEIRA, 2015).

De acordo com Verstappen (2011) a cartografia geomorfológica remete, primordialmente, à publicação de Passarge, de 1914. Contudo, com o avanço tecnológico advindo do contexto pós Segunda Guerra Mundial, os mapas geomorfológicos passaram a ganhar prestígio, estudos detalhados do relevo eram requisitados em grandes quantidades (SILVEIRA, 2019).

Os produtos gerados pelo mapeamento estabelecem critérios semânticos de representação gráfica que possibilitam a leitura dos elementos cartografados (RODRIGUES, 2010). Seguindo esta lógica de raciocínio, a comunidade científica geomorfológica (SILVEIRA, 2019, VERSTAPPEN, 2011) estabelece seis pontos que devem ser representados no documento final: a morfografia (formas de relevo); morfometria (propriedades espaciais, como dimensão, inclinação e curvatura); morfogênese (origem e evolução); morfocronologia (idade relativa ou absoluta das formas); morfodinâmica (situação ativa do relevo aos processo); e litologia (formações rochosas predominantes).

As características geomorfológicas representadas possuem suas bases conceituais nas ciências da Terra (GUERRA & MARÇAL, 2006). Mas, caminham norteadas ao propósito de servir como suporte para o entendimento do espaço onde as sociedades estabelecem suas estruturas e se organizam (DUTRA GOMES & VITTE, 2017). Desta forma, o mapeamento surge como ferramenta indispensável para a organização territorial.

Com base no apresentado até então, o presente trabalho elaborou o mapeamento geomorfológico do município de Cachoeira de Minas, sul de Minas Gerais. Buscou desenvolver um documento de análise integrada que venha a somar no debate da gestão territorial e da necessidade de novas diretrizes para elaboração de Planos Diretores Municipais no contexto regional da área.

2. Área de estudo

O município de Cachoeira de Minas (figura 1) se concentra na Microrregião de Santa Rita do Sapucaí, sul de Minas Gerais. De acordo com o censo realizado pelo IBGE (2010) a população residente é de aproximadamente 11. 034 habitantes. É válido destacar o Distrito de Itaim, que é habitado por cerca de mil pessoas.

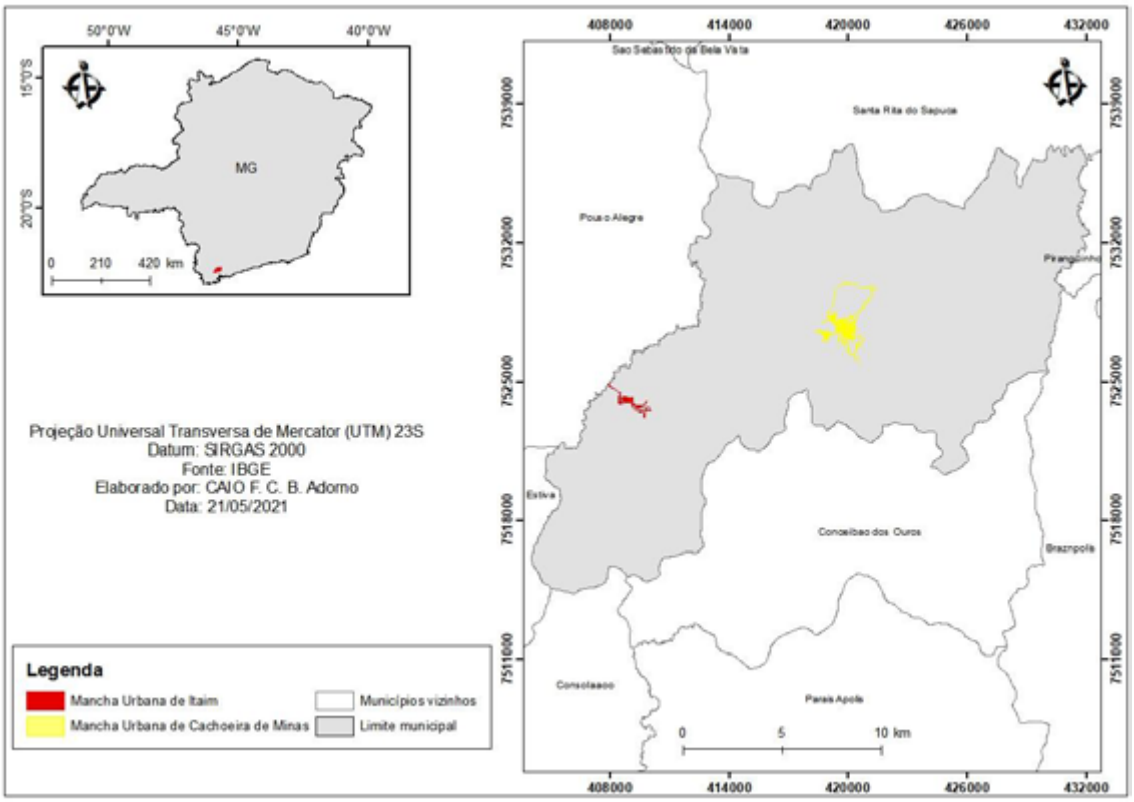


FIGURA 1: Localização da área de estudo.
Fonte: Autores

A classificação climática mais utilizada é proposta por Koeppen (1918) e foi utilizada como base para o zoneamento climático de Minas Gerais. Sá de Júnior (2009) destaca que as estações climáticas precisam ser bem definidas na classificação de Koeppen e, portanto, entende o verão de janeiro a março; outono de abril a junho; inverno entre julho e setembro; e por último a primeira de outubro a dezembro (JUNIOR, 2009).

Neste contexto, o município de Cachoeira de Minas pertence a uma zona climática delimitada pelo grande Grupo C da classificação citada, com clima temperado chuvoso e moderadamente quente. É subdividido por Cwa, temperado-úmido com inverno seco e verão úmido, e por Cwb, clima temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente.

De acordo com o IDE-SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), a área de estudo se insere no bioma da Mata Atlântica. Em questões climáticas, corresponde a Zona Tropical Brasil Central de clima relativamente úmido, com temperatura média de 18 graus celsius, variando de 3 a 4 meses de seca.

O município de Cachoeira de Minas é uma das cidades que compõem a bacia hidrográfica do rio Sapucaí, afluente do rio Grande. É predominada por

floresta estacional semidecidual montana e de acordo com o Censo Agropecuário (IBGE, 2017) relatou que o município apresenta uma área total de 22.784, 929 hectares de estabelecimentos agrícolas. Deste montante, a maior parte é destinada à pastagem, com 13.111, 634 hectares, seguida pelas lavouras temporárias, com 4.455, 683 hectares, de milho, mandioca e café. Além destes usos, o relatório também relata 2.529, 073 hectares destinados à preservação permanente ou reserva legal de florestas (IBGE, 2017).

As classificações dos solos são importantes no momento de se elaborar planos de ocupação e uso da terra. A classificação de 2006 utilizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) foi utilizada como base para o presente trabalho. As características pedológicas do município de Cachoeira de Minas estão associadas às unidades LVd2 e LVd9 (latossolos vermelhos distróficos); LVAd1, LVAd17 e LVAd24 (latossolos vermelho-amarelo distróficos); PVAd2 (argissolos vermelho-amarelo distrófico) e PVd1 (argissolos vermelho distróficos).

A classe latossolo vermelho amarelo é caracterizada por possuir estruturas bem desenvolvidas, com camadas horizontais profundas. Na área de estudo, são distróficos, ou seja, de baixa fertilidade devido às suas limitações químicas, como o baixo teor de fósforo. Quando associado à argissolos e latossolos eutróficos de alta fertilidade, compreendem áreas de relevo fortemente ondulados, que dificultam o manejo do solo.

A caracterização geológica, realizada pela base cartográfica da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), de 2014, conta que a área de estudo pertence ao Complexo Varginha Guaxupé, composto por ortognaisses migmatíticos, piroxênios granulitos, os sedimentos terciários e quaternários citados anteriormente e diversos tonalitos

Hasui e Costa (1990) descreveram em seus trabalhos que derivam dessa área diferentes litologias associadas aos charnockitos, como os hiperstênio-granulitos, granulitos básicos e gnaisses graníticos bandados. São encontradas também algumas camadas de sedimentos areno-argilosos com fragmentos quartzíticos e lateríticos devido aos movimentos proterozoicos (ZANARDO *et al*., 1992).

Os aspectos geomorfológicos da área de estudo tem relação direta com a geologia e a pedologia predominantes. As ações endógenas de intensos soerguimentos e denundações expressivas são responsáveis pela gênese dos modelados homogêneos de dissecação associados a colinas e morros (LIMA *et a*l., 2010). São frequentes os relevos mais acentuados com declividades mais altas, caracterizados por intensa ação erosiva e as paisagens associadas a intensa deposição de sedimentos, caracterizadas pela frequente presença de depósitos cenozoicos indiferenciados de idade quaternária e terciária (GASPAR Jr, 2009).

As áreas caracterizadas pelo intenso transporte material, de rios hierarquicamente mais baixos e, portanto, maior capacidade de trabalho, são identificadas como vales em “V” bem encaixados em quase toda a extensão do município de Cachoeira de Minas. Além dessa morfologia, também são frequentes os vales configurados como a letra “U”, resultados da intensa ação erosiva de áreas mais altas dos planaltos, responsáveis pela deposição de materiais areno-argilosos de rochas ricas em minerais silicáticos e quartzíticos.

3. Metodologia

A Taxonomia do relevo é resultado do mapeamento geomorfológico do IBGE (2009) que parte das premissas de Davis (1899) e Penck (1923). As premissas davisianas assumem o relevo como resultado da estrutura geológica

e dos processos a ela associados no tempo, ou seja, valoriza o aspecto histórico (IBGE, 2009). O trabalho de Penck apresenta uma postura que se debruça em três aspectos, os processos endogenéticos e exogenéticos, bem como seus produtos, as formações superficiais e as feições geomorfológicas. E foram essas linhas metodológicas que nortearam o mapeamento sistemático do Projeto RADAM Brasil (1970) e, posteriormente, a primeira proposta taxonômica do relevo do IBGE publicada, primeiramente, em 1995.

Neste contexto, o primeiro nível da abordagem taxonômica é considerado como os domínios morfoestruturais, logo, são grandes estruturas que sustentam as formas de relevo. Este nível permite compreender a gênese geológica das formas, como, por exemplo, uma bacia sedimentar ou um escudo cristalino. O segundo nível taxonômico considera as unidades esculturais do relevo formadas ao longo do tempo sobre as morfoestruturas devido à ação intempérica. O terceiro nível compreende as formas ou ao padrão de formas semelhantes na paisagem, que são discerníveis no exercício da observação, pelas variações altimétricas, forma das vertentes, etc. O quarto táxon existe na individualização dos padrões de formas semelhantes. Enquanto o quinto táxon está associado ao tipo das vertentes junto do sexto táxon, que considera os processos erosivos ativos.

Percorrida esta sistematização, o presente trabalho consultou o mapeamento geomorfológico do estado de Minas Gerais e recortou a área de interesse para análises fisiográficas. Foram destacados os quatro primeiros níveis taxonômicos em produtos cartográficos para a síntese e compreensão das estruturas, as regiões e unidades geomorfológicas e os padrões de formas semelhantes. Em seguida, o trabalho destacou o quinto e o sexto táxon no contexto da ocupação urbana e do prognóstico.

Além da classificação taxonômica do relevo do IBGE (2009) o presente trabalho também considerou os postulados de Tricart (1977) de análise morfodinâmica, já que o objetivo medular da pesquisa é coincidir o conhecimento da dinâmica fisiográfica da área com os princípios do ordenamento territorial.

Desta maneira, foram utilizadas quatro classes morfodinâmicas destacadas no mapeamento geomorfológico do estado de Minas Gerais : Fraca (Fa): Áreas caracterizadas por relevos suaves (declividades variando de 3 a 8%). Predomínio da pedogênese sobre a morfogênese; Moderada (Mo) São áreas onde os relevos apresentam declividades que variam de 8 a 20%. Existe ação do escoamento superficial do sobre o solo, mas de maneira leve, balanceando a equação da pedogênese e morfogênese; Forte (Fo): Compreende áreas marcadas por relevos entre 20 e 45% de declividade. Existe predomínio da morfogênese sobre a pedogênese, logo, a ação erosiva é expressiva nessas áreas; e Muito Forte (Mfo): São áreas onde as declividades são maiores que 45%. São áreas de morfogênese ativa, queda de blocos, deslizamentos, etc.

Foram coletados diversos bancos de dados, obtidos nas plataformas digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes às características inerentes ao mapeamento geomorfológico de Minas Gerais. Dados a respeito das curvas de nível, manchas urbanas, limites municipais foram adquiridos na plataforma digital do IEDE (Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais). Também foram utilizados dados disponíveis no catálogo do IDE – SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos).

Com o software desktop arcGIS os produtos cartográficos foram elaborados. O banco de dados sobre o mapeamento gemorfológico do estado de Minas Gerais (IBGE, 2009) foi utilizado. Com a ferramento “Clip” do software, foi recortado para a área de interesse, o arquivo vetorial do limite municipal

de Cachoeira de Minas. Esse procedimento foi repetido para a construção dos mapas de Domínios Morfoestruturais (primeiro táxon), Regiões Geomorfológicas (segundo táxon) e Unidades de Relevo da Paisagem (terceiro táxon).

Os mapas de declividade e hipsométrico foram elaborados a partir dos dados a respeito das curvas de nível, fornecidos pelo IEDE. O arquivo vetorial sobre as curvas de nível, com equidistância de vinte metros, geradas com base nas cartas topográficos de escala 1:50.000 do próprio IBGE, do estado de Minas Gerais foi adicionado e foi feito um recorte para a área de interesse.

Com as curvas de nível do município de Cachoeira de Minas estabelecidas, foi elaborado um Modelo Digital de Elevação (MDE) com a ferramenta "TIN" do programa ArcGIS e, em seguida, transformado para arquivo raster (matriz de linhas e colunas), com tamanho do pixel de dez metros. O produto raster gerado diz respeito às elevações da área de interesse. Para o mapa de declividade, este produto é submetido à ferramenta "slope" do programa. Essa ferramenta permite a elaboração do mapa de declividades, que foi destacada em porcentagem.

A partir do banco de dados disponibilizado na plataforma digital do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (DPS-UFV) foi digitalizado o mapa pedológico da área de estudo como complemento para as classes morfodinâmicas com bases em Tricart (1977). O mapa geológico foi digitalizado a partir dos dados disponibilizados pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais sobre o mapeamento geológico do estado de Minas Gerais

Com todos os produtos cartográficos elaborados e a bibliografia do IBGE (2009), Jean Tricart (1977) e SILVEIRA (2010), as análises a respeito do munícipio foram elaboradas com o norte nos postulados da organização territorial de Villaça (2005) sobre o Plano Diretor Municipal. Foi elaborada uma síntese com o intuito de agregar as informações obtidas pelas análises decorrentes da taxonomia do relevo (IBGE, 2009) e da morfodinâmica (TRICART, 1977). Foi determinada a relação entre as diferentes declividades, morfologias, processos morfodinâmicos e atividades antrópicas.

4. Resultados e discussão

Franco *et al*., (2005) e Hackspacher *et a*l., (2007) relatam que a região onde se encontra a área de estudo é resultado do intenso soerguimento dos cinturões móveis Neoproterozóicos e da denudação expressiva dos depósitos sedimentares quaternários. Devido a esses eventos a paisagem se expressa pelo Planalto do Alto Rio Grande e por parte da Serra da Mantiqueira Meridional, além das formas agradacionais atuais.

A compartimentação do relevo do IBGE (2009) compreende os Domínios Morfoestruturais como o maior táxon na compartimentação do relevo. Eles são responsáveis por organizar aspectos do arcabouço geológico e da ação intempérica atuantes no tempo. A área de estudo é constituída pelos Depósitos sedimentares quaternários, que representam porções da paisagem marcadas por intensa acumulação, e pelos Cinturões Móveis Neoproterozóicos (figura 2), representados por extensas áreas de planalto caracterizadas por terrenos de estrutura cristalina (GASPAR JR, 2009).

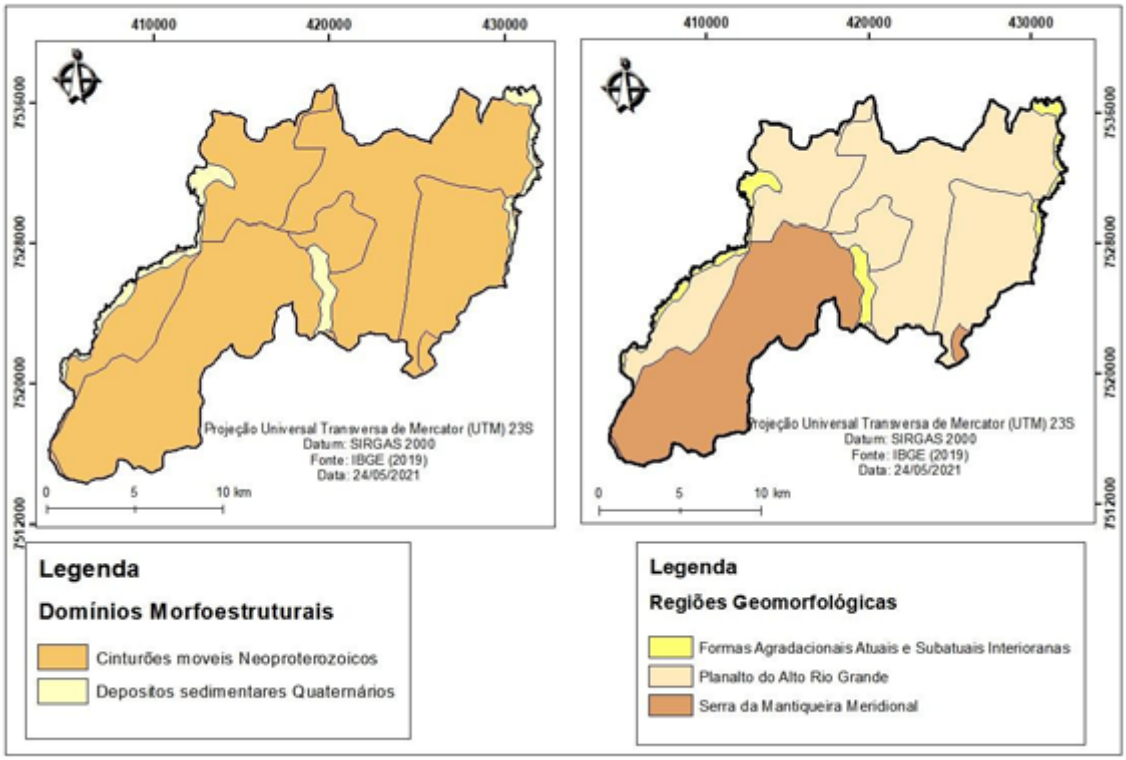


FIGURA 2: Representação dos domínios morfoestruturais (1º taxón) e morfoesculturais (2º taxón) da área.

Com sequência na taxonomia do relevo (IBGE, 2009), o terceiro nível taxonômico compreende as Unidades Geomorfológicas. São definidas como um agregado de formas semelhantes evidenciadas pela sua gênese. O arranjo das características inerentes à fisionomia, como a altimetria, padrões de drenagem e formações superficiais revelam os processos responsáveis por cada unidade. Neste contexto, é definida a escala de análise pelos padrões de tipos de relevo (figura 3).

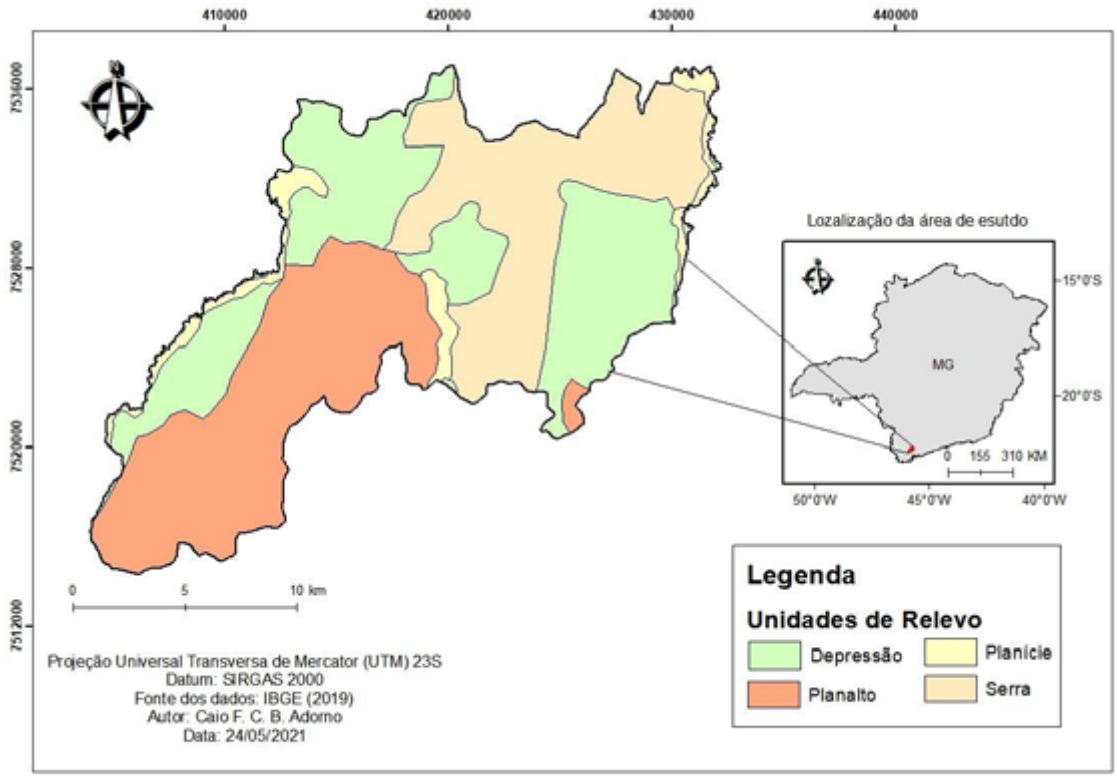


FIGURA 3: Padrões de formas semelhantes do relevo da área de estudo (3º táxon).
Fonte: Autores

As planícies são consideradas como o conjunto de formas planas ou suavemente onduladas, quase sempre sem altitudes mais baixas e caracterizadas pela sedimentação. Já as depressões são caracterizadas por um conjunto de relevos ondulados ou não em altimetrias menores do que as áreas vizinhas. Os planaltos representam relevos dissecados ou planos, com cotas altimétricas mais altas, onde os processos erosivos superam os sedimentares. Por último, as serras, são expressões acidentadas e de diversas litologias do relevo.

A área é representada por modelados de dissecação homogênea com colinas e morros (LIMA *et al.*, 2010). Com a análise individual das formas semelhantes de relevo é atingido o 4º táxon, enquanto os tipos de vertentes e os processos associados correspondem, respectivamente, ao 5º e 6º táxón.

Analisada a mancha urbana do município de Cachoeira de Minas, bem como do distrito de Itaim, nota-se que ambos estão situados em áreas de altitude inferior à 1000m (figura 4). Essas áreas são comumente associadas a vales gerados por intensa ação erosiva e, no caso, caracterizadas por acumulação de materiais areno-argilosos de rochas ricas em minerais silicáticos e com fragmentos quartzíticos.

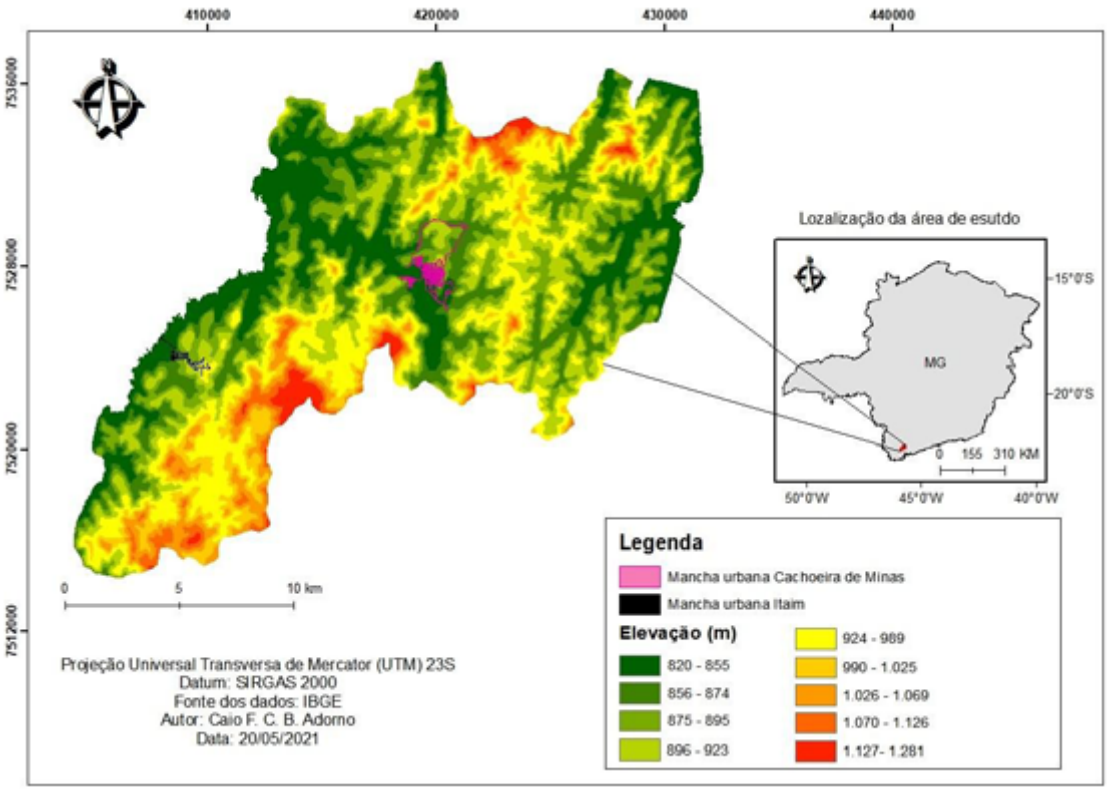


FIGURA 4: Mapa hipsométrico da área de estudo.
Fonte: Autores.

De acordo Wernick e Penalva (1980) a região onde está inserida a área de estudo está associada a movimentos tectônicos do Grupo Varginha-Guaxupé em tempos proterozoicos, responsáveis pela configuração atual das formas do relevo (FERREIRA, 2019). As unidades do relevo podem ser identificadas pela análise das declividades (figura 5), que, por sua vez, possuem o potencial analítico de guia para orientar o uso e ocupação da terra.

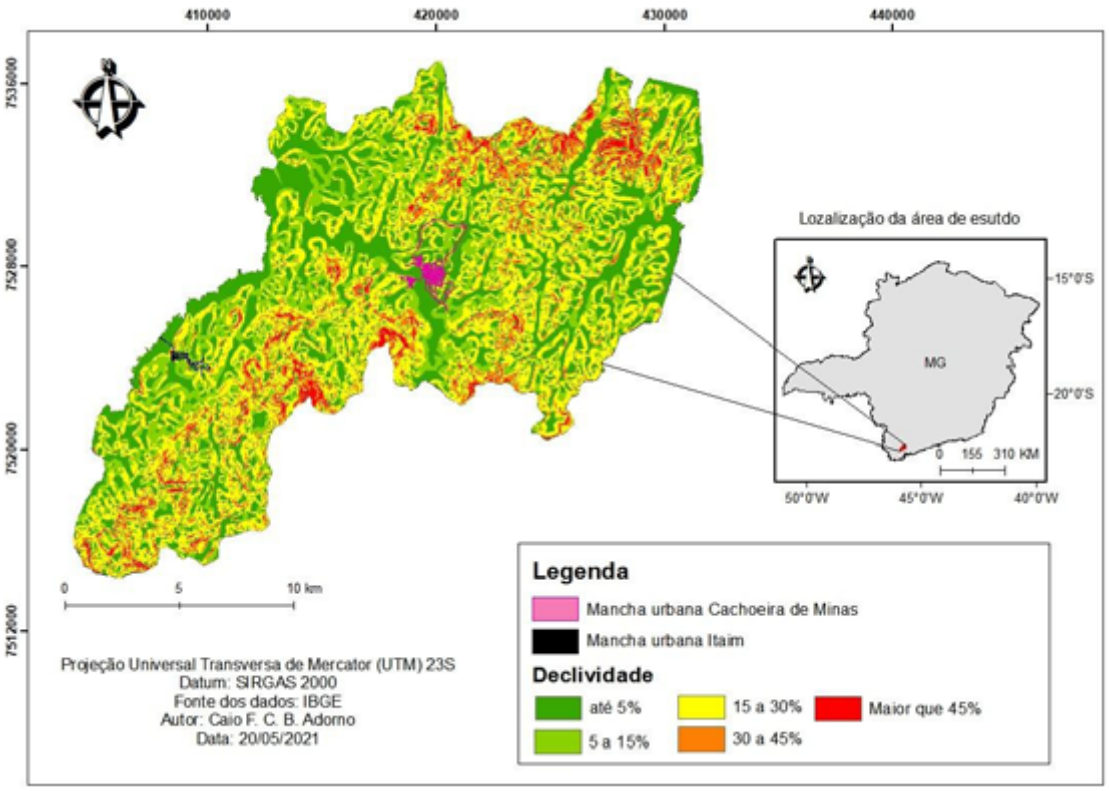


FIGURA 5: Mapa de declividade da área de estudo.
Fonte: Autores

A dinâmica das vertentes (6º táxon) está diretamente associada aos riscos de movimentos de massa em áreas de maior declividade (IBGE, 2010). Desta maneira, a declividade pode ser utilizada como fator regulador na tomada de decisão de ocupação da área urbana em um município. A dinâmica de ocupação dos fundos de vale e das encostas mais íngremes também se associa aos riscos de enchentes e inundações.

A análise dos aspectos morfométricos fornece um aporte metodológico eficaz para as diretrizes de desenvolvimento urbano. A morfodinâmica da área de estudo está diretamente associada a esses elementos, logo a compreensão dos mesmos e ilustração no mapa geomorfológico final são fundamentais para um documento como o Plano Diretor Municipal, por exemplo.

A análise integrada das informações obtidas pelo mapeamento geomorfológico permitiu o levantamento de sínteses para a análise da paisagem no âmbito da organização territorial. Tanto os municípios de Cachoeiro de Minas, quanto o distrito de Itaim, apresentam um padrão de desenvolvimento urbano em ocupação de encostas e fundos de vale. Os mapas de hipsometria e declividade, analisados juntos do modelo digital de elevação ilustram essa realidade.

Esse padrão de desenvolvimento pode estar associado a uma série de processos morfodinâmicos prejudiciais no cenário urbano. O quadro (1) estabelece a relação entre as classes de declividade, as morfologias predominantes, os processos a ela associada e as classificações para o mapeamento geomorfológico:

QUADRO 1

Relação da morfogênese e ocupação entre as diferentes classes de declividade.

Declividades	Morfologia predominante	Processos associados	Ocupação antrópica	Classes morfodinâmicas
Até 5%	Planícies aluviais; terraços fluviais; fundos de vale.	Entre 0 e 3% o terreno é plano ou quase plano, predomínio da pedogênese. De 4 a 5% pode existir o início do escoamento difuso e laminar	Urbanização; malha viária; agricultura mecanizada.	Fraca (Fa): Predomínio da pedogênese sobre a morfogênese.
De 5 a 15%	Encostas de morros; estruturas de relevo ondulado.	Escoamento laminar; processos de voçorocamento e movimentos de massa; balanço entre morfogênese e pedogênese	Área utilizada para o cultivo do café e agricultura mecanizada; pouco indicada para ocupação antrópica.	Moderado (Mo): Existe a morfogênese, mas de maneira balanceada.
De 15 a 30%	Encostas e escarpas de falha; relevo fortemente ondulado.	Erosão linear muito forte; escorregamentos rotacionais.	Pecuária; não é indicado para uso urbano.	Forte (Fo): Predomínio da morfogênese e destruição dos solos.
De 30 a 45%	Relevos estruturais e montanhosos.	Escorregamentos rotacionais e translacionais; queda de blocos e erosão linear.	Preservação Florestal.	Forte (Fo): Predomínio da morfogênese e destruição dos solos.
Maior que 45%	Paredões e relevos montanhosos.	Escorregamentos rotacionais e translacionais, solifluxão e queda de blocos.	Preservação Florestal	Muito forte (Mfo): Expressa o maior domínio da morfogênese e ação intempérica.

Esse agregado de informações permite a realização de planos de ocupação para as diversas áreas destacadas. O documento final que contemplará as diretrizes para o desenvolvimento urbano deve contemplar todas essas informações em um mapa geomorfológico de legenda expandida, associado às informações litológicas e pedológicas.

5. Considerações Finais

Identificar os processos morfodinâmicos associados às áreas urbanas em municípios com padrão de crescimento semelhante permite a elaboração de um plano de gerenciamento para possíveis fragilidades naturais inerentes ao sistema habitado, como enchentes e inundações. Os documentos cartográficos se associam ao prognóstico e precisam ser discutidos no contexto do ordenamento territorial. Quando a dinâmica de ocupação antrópica, por exemplo, acontece nos fundos de vale e nas encostas, a morfodinâmica associada a essas áreas precisa ser destacada.

Os diferentes tipos de uso e ocupação da terra relacionados às diferentes morfologias apresentam processos e repostas singulares para cada caso. O trabalho identificou as classes morfodinâmicas nessa relação no contexto do mapeamento gemorfológico. O que permite a elaboração de um prognóstico pautado no conhecimento fisiográfico da área.

Destaca-se a necessidade de estudos interdisciplinares no contexto do diagnóstico ambiental e elaboração do Plano Diretor Municipal. As entidades responsáveis pelo gerenciamento e fiscalização das estruturas municipais precisam ser regidas por uma base científica que subsidie a necessidade de conhecimento dos aspectos fisiográficos de interesse.

Neste contexto, o mapeamento geomorfológico surge para suprir esta necessidade. Ao contemplar as informações a respeito das características morfodinâmicas, morfométricas, morfográficas, morfogenética, litológica e idade relativa das formas, a geomorfologia contempla uma série de dados úteis no desenvolvimento de um documento preciso e confiável capaz de oferecer uma análise sobre processos e as respostas a eles associadas.

Referências

AB'SABER, A.N. O relevo brasileiro e seus problemas. In: Brasil - a terra e o homem, Org.: Aroldo de Azevedo. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 1964

ABREU, A. A. Teoria Geomorfológica e sua Edificação: Análise Crítica. Revista Brasileira de Geomorfologia. Ano 4, Nº 2, 2003, p. 51-67.

BARREIROS , A. M. Da paisagem como objeto da Geografia: repasse teórico e sugestão metodológica. 2017, 116f. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2017.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo, n.13, p. 1-27, 1972.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. Instrumentos urbanísticos e gestão de resíduos: comentários sobre sua aplicação. In CAMPOS, J. O.; BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. Manejo de Resíduos: pressuposto para a gestão ambiental. Rio Claro: LPM/UNESP, 2002, p. 99-110.

do Rio do Machado-MG. Sociedade & Natureza, [s.l.], v. 22, n. 1, p.23-34, abr. 2010. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1982-45132010000100003.

DREW, D. Processos interativos homem-meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, 3ª ed.

DUTRA-GOMES, R.; VITTE, A. C. Geossistema e Complexidade: sobre hierarquias e diálogo entre os conhecimentos. Ra'e Ga: Espaço Geográfico em Análise, v. 42, p. 149-164, 2017

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). A embrapa nos biomas brasileiros. 2006. Disponível em https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82598/1/a-embrapa-nos-biomasbrasileiros.pdf.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região geoeconômica de Brasília – Minas Gerais.Belo Horizonte, 1998. 213p.

FERREIRA, Marta Felícia Marujo *et al.* Geomorfologia da Área de Proteção Ambiental do Rio Machado, Sul de Minas Gerais. Caderno de Geografia, Campinas, v. 29, n. 1, p.236-257, ago. 2019.

FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: FLORENZANO, T. G (Org). Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. Cap. 4, p. 105-120.

Franco A.O.B., Hackspacher P.C., Godoy D.F., Ribeiro L.F.B., Guedes S. 2005. História térmica do Maciço Alcalino de Poços de Caldas (SP/MG) e adjacências através da análise de datação por traços de fissão em apatitas. Revista Brasileira de Geociências, 35:351-358

GASPAR JR, L. A., (2009). Investigação das características mineralógicas, químicas, texturais e tecnológicas de coberturas regolíticas argilosas da região de alfenas (mg) visando sua aplicação industrial. Relatório de Pós-Doutorado em Geociências – Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Escola de Minas – Ouro Preto: 2009, 77p

GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M. S. Geomorfologia ambiental. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2006.

HASUI, Y. & COSTA, J.B.S. 1990. Cinturão Araguaia: um novo enfoque estrutural-estratigrático. In: CONGR. BRAS. GEOL., 36. Natal, 1990. Anais... Natal, SBG. v. 5, p. 2535-2549.

LIMA, Henrique Correa *et al.* Análise morfométrica da rede de drenagem da bacia

NUNES, L. S. A implementação da política de educação ambiental do município de Florianópolis: novas demandas ao Serviço Social. 2012. 228f. Dissertação (Mestrado em Serviço Social) – Programa de Pós-Graduação em Serviço Social, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012a.

RODRIGUES, S. C. Cartografia e simbologia geomorfológica. Evoluindo da cartografia tradicional para o uso de simbologia digital. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.11, n.1, p.3-10, 2010.

ROSS, J. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia, v. 6, p. 17-29, 1992.

SÁ JUNIOR, Ariovaldo de. Aplicação da classificação de Koeppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, UFLA. Lavras, 101p.

SILVEIRA, C. T. Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: integração de atributos topográficos em sistemas de informações geográficas e redes neurais artificiais. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010

SILVEIRA, R. M. P. Cartografia Temática. 1ª ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2019.

SILVEIRA, R.M.P. Análise digital do relevo como apoio para a cartografia geomorfológica da porção central da Serra do Mar Paranaense. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná (Programa de Pós-Graduação em Geografia). Curitiba, 2015. 123 p.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TROPPMAIR, H. Geografia Física e a Dinâmica das Paisagens Brasileiras. Anais do XII Simpósio de Geografia Física Aplicada. Natal (RN), 2007. (Entregue para publicação).

VERSTAPPEN, H. T. Old and New Trends in Geomorphological and Landform Mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. (eds.) Geomorphological Mapping: Methods and Applications, Developments in Earth Surface Processes vol 15, Elsevier, 2011. Cap. 2. p. 13-35.

Villaça, F. (2005b). As ilusões do plano diretor São Paulo: Autor. Recuperado em 15 dezembro, 2005. Disponível em: FAUUSP | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP – FAUUSP

VILLAÇA, Flávio. As ilusões do Plano Diretor. São Paulo: edição do autor

WERNICK. E & PENALVA. F. O grupo pinhal na região nordeste do Estado de São Paulo e áreas vizinhas do estado de Minas Gerais. Boletim IG; Instituto de Geociências USP. V.11: 1-20, 1980.

ZANARDO, A.; MORALES, N.; DEL LAMA, E. A. Evolução metamórfica do Grupo Araxá-Canastra na região de Passos (MG). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 37., 1992, São Paulo. Anais... São Paulo, SBG, 1992. v. 1, p. 408-409.

O RELEVO E A SUA IMPORTÂNCIA NAS INTER-RELAÇÕES DOS ASPECTOS GEOAMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE PORTALEGRE – RN

Larissa Silva Queiroz
Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais
Praça Tiradentes, 416 - Centro, Inconfidentes - MG, 37576-000
E-mail: lariqueiroz98@gmail.com
Diêgo Souza Albuquerque
Universidade Federal da Paraíba
Cidade Universitária - João Pessoa – PB, 58051-900
E-mail: diealbuquerque07@gmail.com
Manoel Ciricio Pereira Neto
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Rua Sinhazinha Wanderley, 871 - Centro, Açu - RN, 59650-000
E-mail: ciricioneto@uern.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo compreender os aspectos geoambientais do município de Portalegre, Rio Grande do Norte, utilizando o relevo como elemento basilar para as discussões, em virtude da influência e importância que possui. Para isso, apoiou-se na análise integrada de Bertrand (1968), além de autores que trabalham com a perspectiva sistêmica e geomorfológica, como Mamede (2000), Lima e Ribeiro (2012), Silva (2018), Santos e Girão (2018) e Guerra (2018). Para a concretização dos objetivos propostos, procedeu-se com elaboração dos materiais cartográficos, em que se gerou no *Software* QGIS *A Coruña* versão 3.10.5, em escala 1:100.000, o mapa hipsométrico e perfis topográficos, através da manipulação do Modelo Digital de Elevação *Alos Palsar* disponibilizado pelo *Alaska Satellite Facility* (ASF). Para as discussões buscou-se entender as características geoambientais com ênfase nos aspectos geomorfológicos, concebendo a interação e interdependência entre todos os elementos e a sua importância na configuração geoambiental do município de Portalegre. Com isso, evidencia-se a diversidade existente na área e como o relevo contribui e influência para essa característica, pois à medida que suas formas se modificam, os demais elementos também passam a se configurar e evoluir de maneira diferente. Logo, os resultados aqui evidenciados se constituem como uma das formas de se interpretar o meio pela análise sistema, podendo este estudo servir como subsídio para pesquisas futuras e como instrumento para o planejamento ambiental, gestão e ordenamento do território.

Palavras-chave: Análise Geoambiental. Perfil topográfico. Relevo.

1. Introdução

A Geomorfologia tem se caracterizado cada vez mais pela sua interdisciplinaridade, visão holística e espacial (SILVA, 2018). Logo, os estudos geomorfológicos vêm, progressivamente, adotado a análise integrada dos sistemas as suas discussões, já que, o entendimento sistêmico apresenta um importante arcabouço teórico-metodológico capaz de orientar a ocupação da superfície terrestre, de modo que a minimizar as problemáticas ocasionadas pela dinâmica natural, bem como pela ação antrópica (SANTOS; GIRÃO, 2015).

Dessa forma, compreender os componentes geoambientais de forma sistêmica sob a ótica de Bertrand (1968), a qual considera a paisagem como um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução, possibilita estudar e entender determinados ambientes a partir de todos os seus aspectos, ou seja, o potencial ecológico, a exploração biológica e ação antrópica, sabendo que, estes elementos encontram-se em constante dinâmica e, consequentemente, evolução. Sempre interdependentes e em interação uns dos outros, em uma troca constante de matéria e energia.

Do mesmo modo, a própria ciência geomorfológica encontra na investigação da paisagem uma abordagem integradora e sistêmica, envolvendo as formas de relevo, seus processos dinâmicos e as atividades antrópicas, atuantes junto à natureza. (LIMA; RIBEIRO, 2012).

Nesse contexto, Silva (2018) corrobora com a assertiva mencionada ao afirmar que a Geomorfologia aplicada a partir do pensamento sistêmico busca se envolver-se como parte de uma ferramenta interdisciplinar, interagindo com outras disciplinas, tanto de caráter social e tecnológico. O autor enfatiza ainda que o relevo constitui a base principal sobre a qual se desenvolvem os sistemas complexos. Além disso, na Geomorfologia, a análise integrada tornou-se um instrumento para entender as relações de interdependência entre os elementos constituintes dos sistemas e as interações fora dos limites dos sistemas, já que do de vista geomorfológico, uma unidade simples de paisagem coincide geralmente com uma forma de relevo (MAMEDE, 2000).

Destaca-se, ainda de acordo com a autora, que um sistema se constitui por uma série de formas de relevo que respondem ao ambiente no qual elas existem, onde o meio físico bem como o meio biótico são influenciados pelo clima e demais elementos e se transformam ao longo do tempo, logo, essas transformações, analisadas de modo sistêmico, ajudam a entender o sistema natural.

Para tanto, os estudos setoriais possuem ampla relevância, já que eles subsidiam a posterior compartimentação geoambiental da área pretendida. Souza e Oliveira (2011) explicam sobre isso mencionando que representam uma etapa ou meio indispensável aos requisitos da interdisciplinaridade, as quais direcionam ao conhecimento integrado do ambiente. Os autores complementam ainda que é por meio desse nível de abordagem que se atinge uma concepção sintética que é de natureza sistêmica e, também, apresenta os tipos de espaços oriundos de combinações integradas específicas entre componentes geoambientais, de acordo com a caracterização de geossistemas a ser posteriormente procedida. Logo, a compreensão e discussão de cada elemento, mesmo que de maneira individualizada (litologia, relevo, solos, uso e cobertura) devem ser conduzidas buscando a integração, visando natureza não por si mesmos, mas, sobretudo, por suas conexões (SOUZA; OLIVEIRA, 2011).

Resultante dos inúmeros elementos e processos atuantes, as paisagens do nordeste setentrional brasileiro, conforme apontam Maia, Bezerra e Claudino-Sales (2018), a porção evidenciam diversos compartimentos geomorfológicos

resultantes de importantes eventos tectônicos, como o Ciclo Brasiliano e a reativação cretácea. Tais compartimentos, impressos no relevo na forma dos maciços residuais alinhados segundo diversas zonas de cisalhamentos, bem como lineamentos estruturais orientando a drenagem e dissecação e as bacias mesozoicas afetas por soerguimento, constituem o complexo sistema geodinâmo nordestino (MAIA; BEZERRA; CLAUDINO-SALES, 2018).

Não diferentemente, o recorte espacial deste estudo, dentro do contexto semiárido, se configura como uma importante feição geomorfológica no interior do Estado do Rio Grande do Norte, fazendo parte do Complexo Serrano Martins-Portalegre. Logo, buscou-se compreender os aspectos geoambientais do município de Portalegre, utilizando o relevo como elemento basilar para as discussões, em virtude da influência e importância que esse componente possui.

Ressalta-se, conforme salientado por Silva (2018), que o planejamento e a gestão do território têm solicitado a aplicabilidade de uma abordagem interdisciplinar. Dessa forma, a Geomorfologia, inserida nesse contexto de ordenamento territorial, exerce um papel essencial na compreensão da estrutura e funcionalidade das paisagens, além de apontar resultados sobre os impactos gerados pelas atividades antrópicas.

2. Área de estudo

O município de Portalegre (Figura 01) encontra-se inserido no Semiárido nordestino, no Estado do Rio Grande Norte, atualmente pertencente à Região Geográfica Intermediária de Mossoró, mais precisamente à Região Geográfica Imediata de Pau dos Ferros (IBGE, 2017). Limita-se com os municípios de Riacho da Cruz, Taboleiro Grande, Viçosa, Serrinha dos Pintos, Francisco Dantas e Martins, abrangendo uma área de 128 km, sob coordenadas 06°01'26,4" de latitude sul e 37°59'16,8" de longitude oeste (CPRM, 2005).

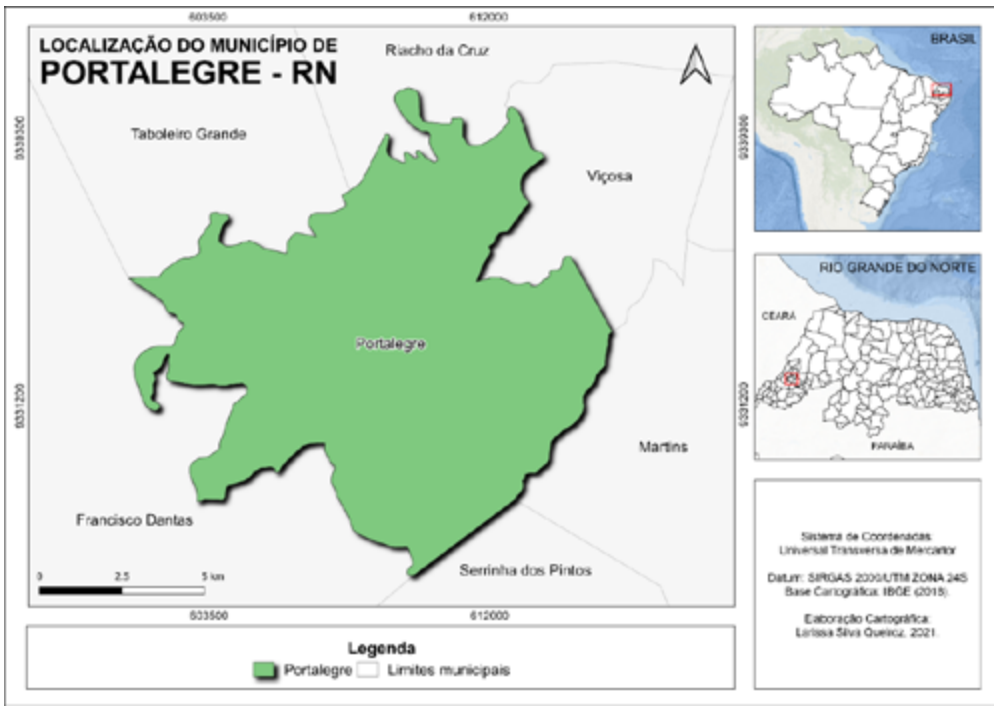


Figura 1: Localização do município de Portalegre – RN
Fonte: elaborado pelos autores, 2020.

3. Metodologia

Este trabalho apoia-se se na análise integrada de Bertrand (1968), enfatizando o elemento relevo, para a compreensão dos aspectos geoambientais da área de esutdo. Dessa forma, na primeira etapa realizou-se o levantamento bibliográfico e de dados secundários, no qual o primeiro, respectivamente, serviu como aporte teórico-metodológico desta pesquisa, buscando autores que trabalham com a perspectiva sistêmica e geomorfológica, como Mamede (2000), Lima e Ribeiro (2012), Silva (2018), Santos e Girão (2018) e Guerra (2018).

A segunda etapa consistiu na elaboração do material cartográfico, em que se gerou os mapas de localização da área de estudo, o mapa hipsométrico e os perfis topográficos. Todos os produtos foram elaborados no *software QGIS A Coruña* versão 3.10.5, em escala 1:100.000, em Sistema de Coordenadas UTM (Universal Tranversa Mercartor), com o Datum SIRGAS 2000, fuso 24 Sul.

Para os mapas de hipsometria e declividade, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) do *Alos Palsar*, com resolução espacial de 12,5 m, disponibilizado pelo *Alaska Satellite Facility* (ASF). No mapa de hipsometria, foram definidas 6 (seis) classes e uma rampa de cores de elevação, em que as cores mais claras (verde, amarelo) representam as áreas mais baixas e as cores mais escuras (laranja, vinho, preto), as áreas mais altas.

No tocante à elaboração dos perfis topográficos, também se manipulou o MDE do *Alos Palsar* e traçou-se a linha através do *plug-in Profile Tool* que automaticamente gerou os perfis, onde posteriormente foram inseridas as nomenclaturas. Como critério, buscou-se priorizar áreas representativas do relevo, de modo que abarcasse a maior diversidades de formas possíveis. Assim, sabendo que o maciço se dispõe de maneira latitudinal, em especial as Chapadas e Platôs, traçou-se um perfil de modo que enfatizasse a ocorrência dessa feição, enquanto que os outros 2 perfis foram delimitados a fim de representar a diferenciação hipsométrica e de declividade da área.

Para as discussões buscou-se entender as características geoambientais com ênfase nos aspectos geomorfológicos, concebendo a interação e interdependência entre todos os elementos e a sua importância na configuração geoambiental do município de Portalegre. Para isso, utilizou-se de algumas discussões frutos da Dissertação de Mestrado da primeira autora, assim como demais dados secundários e outros trabalhos de cunho municipal realizados na área de estudo proposta.

4. Resultados e Discussões

A partir do alicerce teórico-metodológico e procedimentos técnicos realizados, foi possível compreender as características geoambientais do município de Portalegre, com auxílio das bases geomorfológicas, como agente delineador e delimitador dos demais componentes geoambientais.

Salienta-se a importância desse tipo de análise a partir de Silva (2018), ao afirmar que o conhecimento sobre a paisagem passa pela análise pormenorizada das forças naturais que atuam sobre a superfície terrestre, onde o relevo, como reflexo espacial das interações entre estruturas e fluxos de matéria energia, espacializa as condições através de uma sequência de transformações e dinâmica de maior representatividade. Dessa forma, compreender o contexto de uma área de forma holística, perpassa, também, pelo entendimento de seus elementos de forma particular. Com isso, buscou-se discutir os aspectos em subtópicos separados, mas fazendo um esforço sistêmico entre os elementos discutidos.

Sabendo da influência e interferência que o clima possui nos mais diversos níveis e escalas, optou-se iniciar a discussão por este elemento, já que a área em questão se destaca justamente por suas variáveis climáticas. Conforme Amorim (2019) em análise climática para Portalegre em um período temporal de 1973-2002, o clima do município se define como Subúmido Seco, com média pluviométrica anual de 929 mm e temperatura média do ar de 23 ºC. Tal condição reflete diretamente nos demais elementos ambientais, favorecendo, por exemplo, ao intemperismo químico e, consequentemente, nos tipos de solos e formações vegetacionais, em razão das maiores média pluviométricas se comparada a média semiárida.

4.1 Aspectos geológicos e geomorfológicos

A litologia de uma área cumpre importante papel no delineamento das estruturas e demais componentes geoambientais da paisagem, pois, através de suas características de resistência, fraturamento, permoporosidade, assim como os próprios minerais que a constituem vão auxiliar na definição do relevo existente, bem como nas características pedológicas e vegetacionais, por exemplo.

Se tratando da área de estudo, esta encontra-se inserida nos domínios da Província Borborema. Apresenta caráter diferenciado ao evidenciar uma cobertura sedimentar, Formação Serra dos Martins (FSM), sobreposta ao embasamento cristalino formado pela Suíte Intrusiva Itaporanga e Suíte Poço da Cruz. A FSM trata-se de uma unidade composta sedimentos arenosos e argilosos (MORAES, 1924 *apud* ANGELIM *et al.,* 2006), caracterizada por possuir um baixo intemperismo físico e intemperismo químico moderado a alto, evidenciando um sistema hidrogeológico do tipo granular, tendo alta porosidade primária (acima de 30%) e resultando numa maior permoporosidade, oportunizando, dessa forma, a ocorrência de um relevo mais plano, junto aos solos mais profundos.

Quanto às Unidades que sustentam essa estrutura sedimentar, a Suíte Intrusiva Itaporanga, conforme descrita por Angelim *et al.* (2006), é constituída por rochas de composição quatzo-monzonítica a granítica, estando, em grande parte, associados às zonas de cisalhamento compressionais, como é o caso da área de estudo, onde ocorre a Zona de Cisalhamento Portalegre. Assim, evidencia sistema hidrogeológico fissural, intemperismo físico e químico baixo a alto, estando de moderada a intensamente fraturada. A Suíte Intrusiva Itaporanga, conforme a CPRM (2010) constitui-se por granitos e granodioritos, metagranito, biotita granito, tonalito, monzogranito, granito pórfiro, sienogranito, quartzo monzon, do Neoproterozóico, apresenta-se pouco a moderada fraturada, com intemperismo físico e químico de moderada a alta atividade e um sistema hidrogeológico do tipo fissural.

Essas estruturas intrusivas, conforme apontado por Oliveira, Tavares e Corrêa (2018), além de estruturar os compartimentos mais elevados, também constituem as áreas menos elevadas, ocasionando assim desníveis topográficos significativos em zonas de mesma litoestratigrafia.

Tais características estruturais exercem papel fundamental na configuração do relevo local (Figura 2), pois, como afirma Maia, Betárd e Bezerra (2016), os maciços cristalinos resguardam em sua morfologia importantes indicadores de evolução morfotectônica e morfoclimática, dispondo-se na maioria dos casos como formas alongadas ou fortemente dissecadas por vales incisos. Logo, esses condicionantes se refletirão, também, na configuração das paisagens ali existentes.

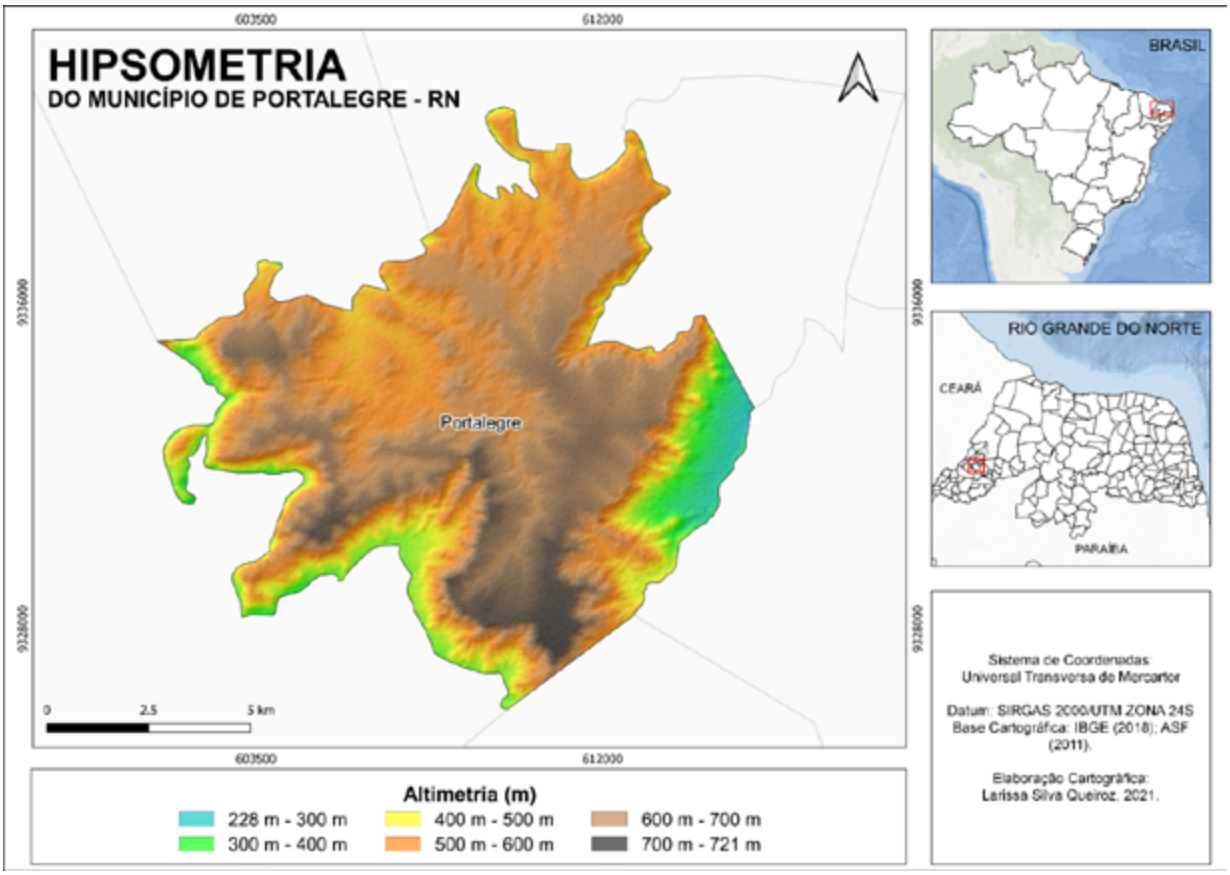


Figura 2: Mapa Hipsométrico do município de Portalegre - RN
Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

Em termos geomorfológicos (Figura 02), percebe-se a variabilidade do relevo, com cotas que variam entre 228 m a 721 m de altitude, notando-se, também, a diversidade de formas e topografia presente na área, a qual foi possível identificar seis classes hipsométricas. Maia, Betárd e Bezerra (ANO), defendem que a evolução geomorfológica das Serras de Martins e Portalegre, aparentemente, é condicionada pela erosão diferencial e em alguns casos, por processos tectônicos. Além disso, o seu capeamento sedimentar (FSM) favorece a ocorrência de chapadas, com relevo plano a levemente ondulado, com escarpas abruptas e contornos irregulares, apresentando altitudes em torno de 700 m (ANGELIM *et al.*, 2006). Assim, ainda de acordo com o autor, constituem-se como formas residuais de um antigo capeamento contínuo dissecado e erodido.

Compreendendo tais aspectos e com auxílio da Figura 3, conforme a CPRM (2007), na área de estudo também ocorre a Unidade Geomorfológica Chapadas e Platôs, típicos de áreas sedimentares, com fase que variam entre plana a suave ondulada. A CPRM (2010) define ainda como superfícies tabulares alçadas, ou relevos soerguidos, planos ou aplainados, não ou incipientemente pouco dissecados. Assim, os rebordos dessas superfícies, situados em cotas elevadas, são delimitados por vertentes íngremes a escarpadas. Ainda nesse tipo de relevo, há o predomínio de processos de pedogênese, com existência de solos espessos e bem drenados e processos de morfogêneses significativos nos rebordos das escarpas erosivas (CPRM, 2010).

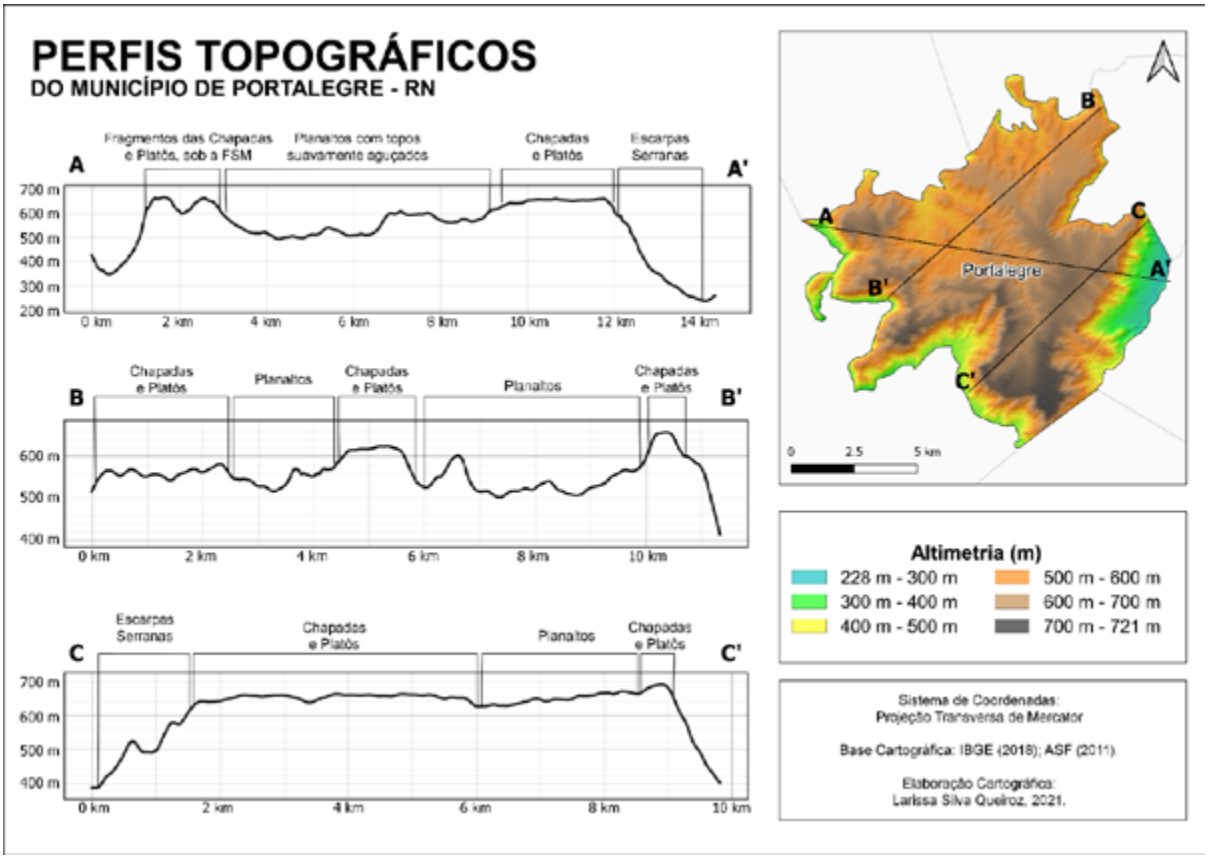


Figura 3: Perfis topógraficos do município de Portalegre - RN
Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

Nesses tipos de relevo (Chapadas e Platôs), Medeiros (2016) salienta a importância de considerar a ausência de fraturas, na qual ocasiona um intemperismo físico de baixa atividade, sendo este responsável pela desagregação, transporte e deposição das rochas. A autora afere, ainda, a resistência que o capeamento sedimentar (FSM), oferece frente aos processos desgastantes, resultando na manutenção da estrutura tabuliforme da área. Além disso, a drenagem nesse trecho é incipiente em virtude da permeabilidade dos arenitos, favorecendo o acúmulo de águas subterrâneas, sendo mais um fator de preservação dessas superfícies já que a erosão linear é menos intensa (OLIVEIRA, TAVARES, CORRÊA, 2018).

Os Planaltos (Figura 3) também se fazem presente na área de estudo, definidos como conjuntos de relevos planos ou dissecados, de altitudes elevadas, limitados, pelo menos em um lado, por superfícies mais baixas, onde os processos de erosão superam os de sedimentação, correspondendo, em geral, as rochas mais resistentes, remanescentes do aplainamento generalizado que ocorreu no Terciário, e na área de estudo estão sob as Suíte Intrusiva Itaporanga e Suíte Poço da Cruz. Oliveira, Tavares e Corrêa (2018) identificam essas Unidades como maciços estruturais/residuais de menor extensão, afirmando que ocorrem de maneira isolada, bastante dissecados.

Outra Unidade evidenciada são as Escarpas Serranas (Figura 3), situadas sob as áreas de estrutura cristalina, caracterizadas por Guerra (1993) como rampa ou aclive de terrenos que aparecem nas bordas dos planaltos, serras e testemunhos. Complementando o entendimento dessa Unidade, de acordo com a CPRM (2010), possui morfologia muito acidentada, formadas por vertentes predominantemente

retilíneas a côncavas, escarpadas, e topos de cristas alinhadas, com ocorrência de paredões rochosos subverticais aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus.

Há como forte característica a sua dinamicidade, ocasionada pelo seu tipo de relevo, junto à ação dos agentes intempéricos e a força gravitacional, favorecendo os processos de morfogênese, estando, constantemente, carreando materiais das áreas mais elevadas para as mais rebaixadas, o que vai originar as Unidade Geomorfológica Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta. Validando essa assertiva, Oliveira, Tavares e Corrêa (2018), mencionam que, nas encostas inferiores, os sedimentos provindos da erosão dos platôs sedimentares e das encostas superiores, estruturam as encostas com cobertura coluvial. Esses depósitos coluviais são pouco a medianamente espessos, sendo comum a presença neles de seixos e calhaus provenientes do arenito.

As Vertentes Recobertas por Depósitos de Encostas estão presentes em todo o entorno do município – uma vez que, as feições naturais não se encerram nos limites políticos traçados pelo homem. Assim, ocorrem como resultado do processo de transporte ocorrido das Chapadas para as Escarpas e assim, para as áreas mais rebaixadas (Vertentes). Sobre isso, a CPRM (2010) menciona que ocorrem, de forma disseminada, nos sopés das vertentes íngremes de terrenos montanhosos, como é o caso da área de estudo.

Na sequência, algumas imagens (Figura 4) que evidenciam o relevo do município de Portalegre – RN.

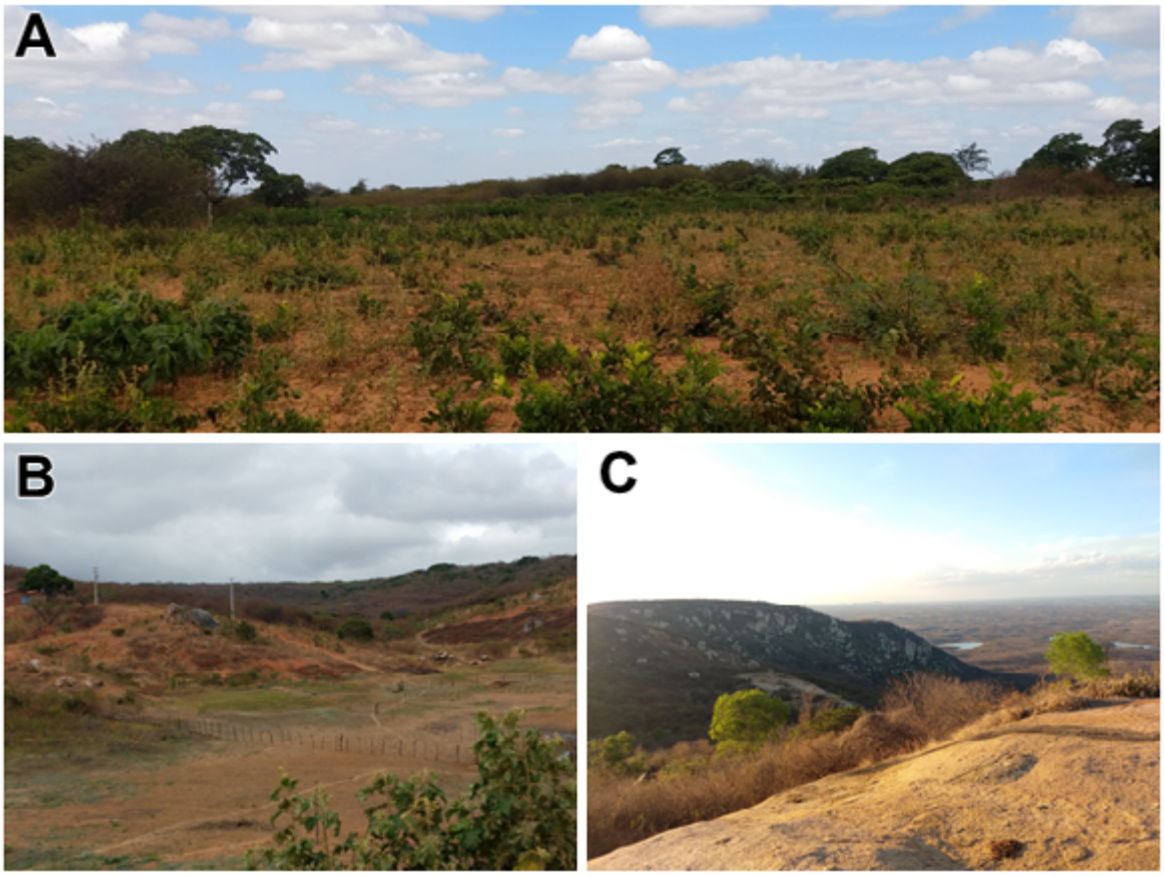


Figura 4: A) Cultura temporária e permanente sob as Chapadas e Platôs. B) Planaltos. C) Escarpas Serranas no município de Portalegre.
Fonte: acervo dos autores, 2021.

4.2 Aspectos pedológicos

Seguindo na contextualização geoambiental da área, mediante à compreensão dos aspectos geológicos e geomorfológicos, condicionantes estes que dão base para o entendimento dos demais elementos, faz-se importante entender os tipos de solos, base para a vegetação e para os usos. Assim, se dividem em três classes, conforme mapeamento de Jacomine *et al.* (1971), a saber: Latossolos, Neossolos e uma pequena porção de Planossolos.

Sobrepostos às Chapadas e Platôs, encontram-se os Latossolos, típicos de áreas planas e sedimentares. De acordo com a EMBRAPA (2018), esses solos possuem evolução muito avançada com atividade expressiva de processo de latolização (ferralitização), gerando uma intemperização demasiada dos constituintes minerais primários e também secundários menos resistentes. São, também, caracterizados como bem desenvolvidos e profundos, possibilitados pela estrutura geológica/geomorfológica ao qual se sustenta, junto ao elemento clima, gerando intemperismo químico na formação sedimentar de sistema hidrogeológico granular, favorecendo, assim, o um maior desenvolvimento pedogenético desses solos.

Os Neossolos são evidenciados nas áreas de Escarpas Serranas e Planaltos, desenvolvem-se, principalmente, de rochas graníticas e similares (ARAÚJO FILHO, 2011). São característicos de relevos movimentados e declivosos. Constituem-se como solos jovens e pouca profundidade superficial, em geral, com a presença da rocha matriz, pois, como mencionado por Queiroz e Medeiros (2020), nessas áreas íngremes, o contato da rocha com a água acontece em curto prazo, faz com que haja uma dificuldade no desenvolvimento pedogenético, originando solos rasos a pouco profundos.

Quanto aos Planossolos, ocorrem em pequena porção sob as Vertentes Recobertas por Depósitos de Encostas, constituído por materiais advindos das áreas mais elevadas, se caracterizando como um solo alóctone. Conforme Cunha (2010), são típicos de áreas com cotas baixas, planas a suave onduladas, geralmente são pouco profundos, com horizonte superficial de cores clara, como é o caso das Vertentes da área de estudo.

Nesse caso, vê-se a associação entre as demais condicionantes geoambientais, de modo especial, a litológica e geomorfológica, já que a primeira, respectivamente, é a material base de desenvolvimento pedogenético, e a segunda, através das declividades, irregularidades topográficas, junto às condições climática, delineiam as características morfológicas dos solos.

4.3 Considerações sobre o Uso e Cobertura

As alterações ambientais devido à ação humana sempre ocorreram na superfície terrestre, entretanto, isso tem acontecido de forma cada vez mais intensa nas últimas décadas (GUERRA, 2018). Dessa maneira, conhecer a maneira como o homem se apropria dos recursos naturais, em especial sobre as formas de relevo as quais se assentam as atividades humanas é fundamental para a compreensão geoambiental dos elementos, assim como para delimitação de possíveis estratégias de usos que sejam condizentes com a realidade e capacidade de suporte dos ambientes.

Conforme mapeamento de Barbosa, Carvalho e Camacho (2017) e de Souza Neto, Grígio e Carvalho (2020) especificamente para o município de Portalegre, os trabalhos evidenciaram vegetação do tipo Floresta Estacional Semidecidual e Caatinga arbustiva arbórea. No tocante aos usos, Souza Neto, Grígio e Carvalho (2020) identificaram áreas urbanizadas ocupadas, de modo geral; cultura permanente, em especial a cajucultura, cultura temporária, cultura mista, pastagem e uso não identificado.

Tais usos estão diretamente condicionados pelos elementos geomorfológicos da área, apresentando variabilidade, pois conforme enfatizado por Souza Neto, Grígio e Carvalho (2020), as culturas permanentes e temporárias ocorrem sob as áreas planas (Chapadas e Platôs), nas porções centrais e norte do município. Enquanto que as culturas mistas, ainda de acordo com os autores, ocorrem nas áreas de relevo ondulado (Planaltos), já que essas localidades oferecem condições para a ocorrência solos mais férteis.

Dessa forma, faz-se necessário destacar a presença da Floresta Estacional Semidecidual, ocasionada pela característica climática, bem como a litologia e o relevo plano, que junto aos solos espessos, consegue manter esses fragmentos vegetacionais. Evidenciando, assim, de forma factível, o relevo enquanto condicionante dos demais elementos geoambientais, incluindo, a ação antrópica.

5. Considerações Finais

A compreensão dos aspectos geoambientais perpassada e enfatizada pelo relevou permitiu uma melhor compreensão do recorte espacial do estudo. Além disso, conforme salientando durante todo o trabalho, concebe-se que o relevo atua como um agente delineador e delimitador dos demais elementos geoambientais, pois à medida que suas formas se modificam, os demais elementos também passam a se configurar e evoluir de maneira diferente.

Percebe-se a diversidade que o município de Portalegre assume com unidades de relevo diversificadas. Cabendo destacar, também, a importância da FSM na constituição da planura do relevo, originando as Chapadas, com características retilíneas e tabulares. Perpassando por essa unidade, encontra-se também outra unidade importante, os Planaltos, com topos suaves a forte ondulados, onde já vão possuir características completamente diferentes das Chapadas, e em especial, com usos distintos.

Desse modo, os resultados aqui evidenciados se constituem como uma das formas de se interpretar o meio pela análise sistêmica, utilizando como elemento basilar o relevo. Mediante a caracterização, buscou-se relacionar a variável geomorfológica com as demais e com a ação antrópica que se assenta sobre esses ambientes. Logo, este estudo poderá servir como subsídio para pesquisas futuras, como por exemplo, uma posterior compartimentação; para a disseminação do relevo enquanto elemento que influencia de forma direta na interrelação dos componentes geoambientais; como também poderá servir como instrumento para o planejamento ambiental, gestão e ordenamento do território.

Referências

ANGELIM, L. A. A. *et al.* **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2007.

ARAÚJO FILHO, J. C. **Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga.** *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 16, 2011, Dourados. **Anais** [...] UFGD, 2011. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/896995/1/CoelhoXIVSBGFA1.pdf. Acesso em: 27 jul. 2020.

BARBOSA, A. H. S.; CARVALHO, R. G. C.; CAMACHO, R. G. V. Aplicação do NDVI para a Análise de Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 3, v. 33, p. 128-143, 2017. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/128171/133014. Acesso em: 10 out. 2020.

BERTRAND, G. O. Paisagem e geografia física global: Esboço metodológico. **Cad. Ciências da Terra**, São Paulo: Cairu, 1972.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geodiversidade do Rio Grande do Norte.** Recife: CPRM, 2010.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.** Diagnóstico do município de Portalegre, Estado do Rio Grande do Norte. CPRM/Prodeem, Recife, 2005. 20 p. Disponível em: < http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/17181/rel_serrinha_pintos.pdf?sequence =1>. Acesso em: 25 abr. 2019.

CUNHA, T. J. F. *et al.* Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. *In*: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. **Semiárido brasileiro:** pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2010. p. 49-87. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/861913/principais-solos-do-semiarido-tropical-brasileiro-caracterizacao-potencialidades-limitacoes-fertilidade-e-manejo. Acesso em: 27 jul. 2020

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGRAOPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/17052/1/rel_portalegre.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico.** 8. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 464p.

GUERRA, A. J. T. Geomorfologia e Planejamento ambiental–conceitos e aplicações. **Revista de Geografia,** Recife, v. 35, n. 4, p. 269-287, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/238227. Acesso em: 28 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias 2017. Rio de Janeiro: IBGE,2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf. Acessado em: 27 abr. 2020.

JACOMINE, P. K. T. *et al.* **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte.** Recife: SUDENE/Divisão de Pesquisa Pedológica, v.1, 531 p. (sér. Boletim Técnico, n. 21; sér. Pedologia, n. 9). Recife/PE, 1971. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330796. Acesso em: 19 jun. 2021.

MAIA, R. P.; BÉTARD, F.; BEZERRA, F. H. R. Geomorfologia dos Maciços de Portalegre e Martins – NE do Brasil: Inversão do relevo em análise. **Revista Brasileira de Geomorfologia,** v. 17, n. 2, p. 273-285, 2016. Disponível em: http://lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/801. Acesso em: 05. dez. 2020.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R.; CLAUDINO-SALES, V. Geomorfologia do Nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. **Revista de Geografia,** Recife, v. esp, n. 1, p. 1-14, 2010. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/228857/23268. Acesso em: 26 jul. 2020.

MAMEDE, L. Geomorfologia: abordagem sistêmica em uma microbacia. **Geografares**, Vitória, v. 1, n.1, p.51-61, 2000. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/geografares/about/contact. Acesso em: 08 jul. 2021.

MEDEIROS, J. F. **Da análise sistêmica à Serra de Martins**: contribuição teórico- metodológica aos brejos de altitude. 2016. 219f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/22696. Acesso em: 20 dez. 2018.

OLIVEIRA, G. P.; TAVARES, B. A. C.; CORRÊA, A. C. B. Compartimentação geomorfológica do Maciço Residual Martins-Portalegre – NE do Brasil. **Contexto Geográfico**, Maceió, v. 3, n. 6, p. 1-11, 2018. Disponível em: http://www.seer.ufal.br/index.php/contextogeografico/article/view/6805. Acesso em: 12 mai. 2020.

QUEIROZ, L. S.; MEDEIROS, J. F. Compartimentação geoambiental do município de Serrinha dos Pintos – RN. **Geosul**, Florianópolis, v. 35, n. 76, p. 232-251, 2020. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/64867/44389. Acesso em: 08 dez. 2020.

SANTOS, C. L.; GIRÃO, O. A teoria geossistêmica na pesquisa geomorfológica: uma abordagem teórico-conceitual. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 55, p. 49-65, 2015. https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/7470/8047. Acesso em: 05 jun. 2021.

SILVA, E. V. Geomorfologia aplicada ao planejamento ambiental: sua importância na elaboração dos planos diretores municipais. **Revista de Geografia,** Recife, v. 35, n. 4, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/238232. Acesso em: 14 jun. 2021.

SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. Análise ambiental – uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa. **Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 42-59, 2011. Disponível em: http://www.revistarede.ufc.br/index.php/rede/article/view/168. Acesso em: 29 abr. 2021.

SOUZA NETO, L. T.; GRÍGIO, A. M.; CARVALHO, R. G. Identificação e análise dos padrões de uso do solo e cobertura vegetal do município de Portalegre/RN. **Pensar Geografia**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 55-70, 2020. Disponível em: http://natal.uern.br/periodicos/index.php/PGEO/article/view/2194/2032. Acesso em: 24. jun. 2021.

PAISAGEM, GEOMORFOLOGIA E A FRAGILIDADE AMBIENTAL POTENCIAL DO PARQUE ESTADUAL DO JARAGUÁ (MUNICÍPIO DE SÃO PAULO) – BRASIL

Marisa de Souto Matos Fierz
Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo
E-mail: msmattos@usp.br
Silvia Maria Bellato Nogueira
Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo
Rua Caetano de Odivelas, 203, Vila Andrade, São Paulo, SP CEP 05731-090
E-mail: solsticenoren@yandex.com

Resumo

O Parque Estadual do Jaraguá (PEJ), área natural protegida, localizada ao Norte do município de São Paulo (Estado de São Paulo, Brasil), abriga relevante flora e fauna nativas do bioma Mata Atlântica sendo de alta relevância ambiental quanto ao fornecimento de serviços ecossistêmicos. Sendo uma área protegida dentro de uma megalópole densamente urbanizada, está sendo ameaçada por pressões antrópicas e por seu confinamento entre três rodovias. Apesar do uso restrito por tratar-se de Parque Estadual, também destaca-se pela importância no que tange aos serviços culturais inestimáveis ao bem estar da população. Seu relevo é íngreme por causa dos compartimentos geomorfológicos caracterizados por um pico rochoso de altitude elevada que se destaca na paisagem e por muitos afloramentos rochosos, o que expõe sua alta fragilidade potencial (decorrente das condições do meio físico). Como resultados apresentam-se os mapeamentos do meio físico e as classificações de fragilidade potencial (Ross, 1994, 2012) com cinco classes distintas. Somando-se a fragilidade potencial às pressões antrópicas, é possível obter a análise do meio físico associado aos fatores agravantes das classificações. Esse foi o objetivo principal deste estudo, que pode oferecer suporte ao planejamento territorial e ambiental dentro e no entorno da unidade ambiental analisada, obedecendo suas fragilidades potenciais.

Palavras-chave: paisagem, fragilidade potencial, geomorfologia, pressão antrópica

1. Introdução

O Parque Estadual do Jaraguá (PEJ), situado ao Norte do município de São Paulo, é uma área natural protegida de categoria stricto sensu (de proteção integral), que devido ao seu entorno densamente urbanizado, encontra-se altamente vulnerável no que tange à pressão antropogênica que o cerca, como por exemplo, uma expansão urbana sem planejamento em sua zona de amortecimento, além de estar confinado entre três grandes rodovias. Sua relevância quanto ao fornecimento de serviços ecossistêmicos para a população em escala local e regional é de grande relevância, tanto os de regulação ambiental, como os de provisão de recursos naturais, assim como os serviços culturais.

Esta pesquisa objetivou avaliar a fragilidade ambiental potencial do Parque Estadual do Jaraguá, derivada da combinação dos fatores do meio físico climático, destacando-se nessa combinação a presença de rochas expostas, declividades acentuadas, solos rasos, intensa pluviosidade o que geralmente desencadeia escorregamentos espontâneos, mesmo em área som vegetação densa. Numa posterior de síntese, pôde-se analisar alguns aspectos da fragilidade ambiental emergente na área, a que resulta por sua vez, do agravamento e aceleração dos processos erosivos e demais impactos ambientais negativos gerados pela pressão antropogênica intensa sobre o Parque.

Pela sua configuração geológico geomorfológica, com muitas exposições rochosas, formas muito dissecadas, vales entalhados e predominância de acentuadas declividades, apresenta nível de fragilidade potencial alto, estando, portanto, sujeita à ocorrência de processos erosivos vigorosos. Enquanto o PEJ apresenta feições de vertentes longilíneas e interflúvios abruptos, os setores no entorno possuem altitudes e declividades menos elevadas. É importante também destacar, a fragilidade alta das planícies fluviais, às quais estão sujeitas a inundações periódicas. Com relação à vegetação, o contato entre declividades distintas, as variações na composição e espessura dos solos e a forte variação altimétrica resulta em uma cobertura vegetal de fisionomia condicionada a essas variações do meio físico. Onde não há o predomínio da cobertura rochosa nas partes mais altas, ocorrem os remanescentes de vegetação em diversos estágios da Floresta Ombrófila Densa, geralmente desenvolvida sobre argissolos (podzólicos), com baixa fertilidade natural. São áreas de vertentes geralmente com solos que não ultrapassam 1,5 m de profundidade, sendo ácidos e pobres em nutrientes, devido à grande declividade do relevo e à alta pluviosidade, responsáveis pela intensa lixiviação (IBGE, 1982).

Para Tricart (1977), o homem é agente modificador dos ecossistemas em que vive e os ecossistemas (ou ambiente) adaptam-se a estas modificações, sendo as interações permanentes e intensas. Neste sentido, a constante atualização dos levantamentos do meio físico climático e a vegetação de uma área protegida, expõe de tempos em tempos a evolução, tanto das condições da fragilidade inerente à combinação própria do sistema ambiental analisado (fragilidade potencial), quanto da constante e crescente pressão antrópica sobre esse mesmo sistema (fragilidade emergente constantemente alterada e intensificada).

É a atualização periódica de estudos que corrobora e fundamenta o planejamento ambiental de áreas protegidas (suporte à elaboração e revisão periódica de planos de manejo e gestão), visando a conservação efetiva, como a do sistema ambiental do PEJ, extremamente relevante no fornecimento de serviços ecossistêmicos contínuos ao longo do tempo em meio densamente urbanizado.

2. Área de Estudo

O Parque Estadual do Jaraguá (23º 27'30"de latitude sul e 46º45'55" de longitude oeste), com 492,68 ha (4,9 Km²), está situado em um dos principais eixos de expansão urbana da Região Metropolitana de São Paulo, no limite com o município de Osasco (área a noroeste do município), no Estado de São Paulo (Figura 1).

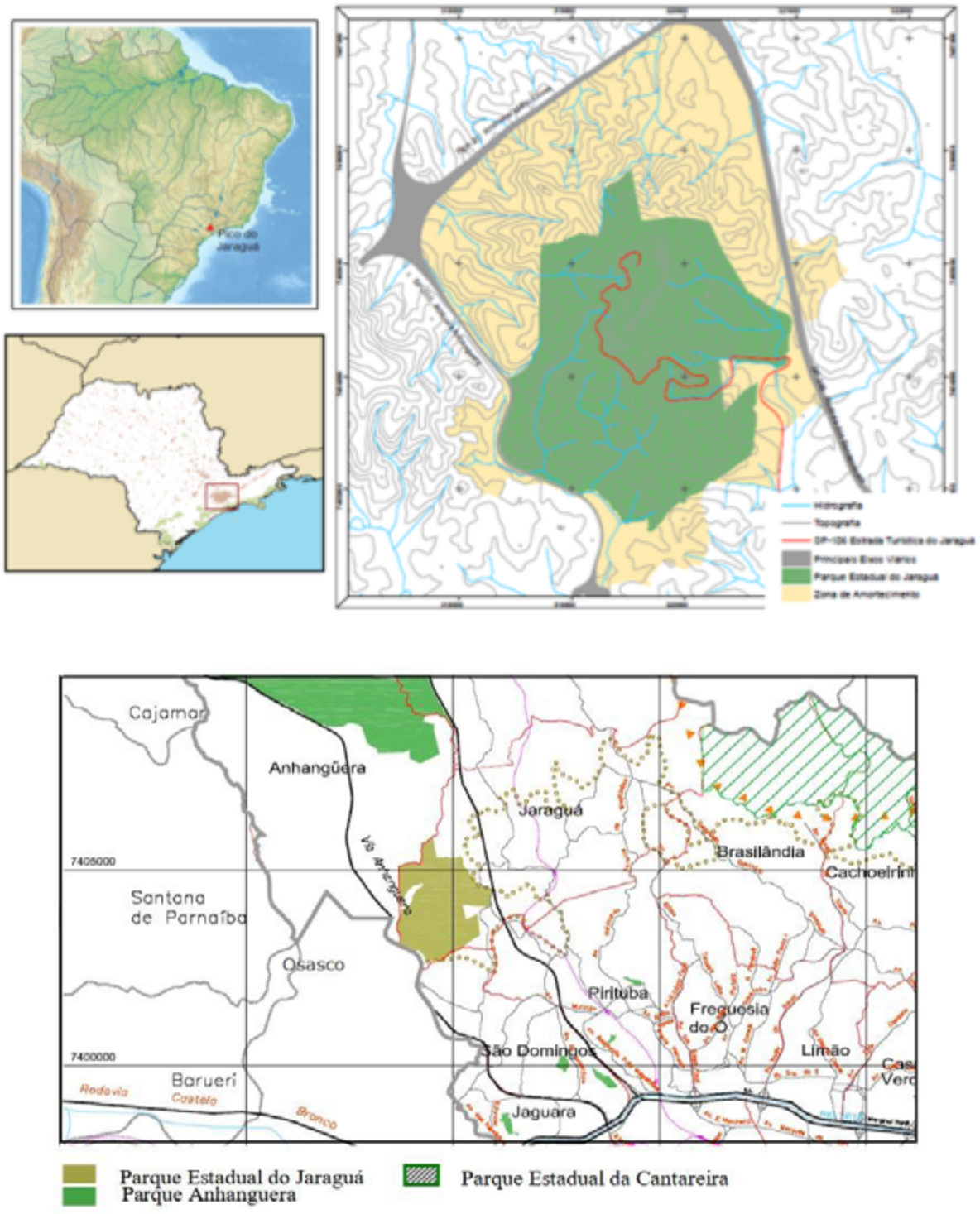


FIGURA 1: Localização da área de Estudo regional e localmente
Fonte: SVMA/SEMPLA, 2002.

Criado em 1961 para preservar a vegetação nativa no entorno do ponto mais alto do município de São Paulo (pico do Jaraguá com 1.135 metros), atualmente é administrado pela Fundação Florestal, órgão da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, ganhando ainda mais relevância no sentido de que atualmente, abriga um dos últimos remanescentes da Mata Atlântica da Região Metropolitana de São Paulo. O Plano de Manejo mais recente do PEJ é datado de 2010 e atualizações de seus levantamentos são extremamente bem-vindos no sentido de apoiar o manejo e a gestão mais assertiva (SÃO PAULO, 2010).

Inserido em grande parte na bacia hidrográfica do rio Tietê (UGRHI 6), nas escarpas e reversos da Serra do Mar e da Mantiqueira, que constituem o denominado Planalto Atlântico, com altitudes médias de 900 m, o PEJ adquiri a cada momento destaque pelo papel que ocupa não só como remanescente de uma área natural na paisagem, como pelo que simboliza em termos de resistência na conservação ambiental em áreas urbanas.

Somando-se a essas características fundamentais, destaca-se na zona de amortecimento do PEJ a Terra Indígena Jaraguá, com área de 1.72 ha, abrigando 586 Guaranis (Guarani Mbya e guarani Nandeva), presença essa que enriquece culturalmente a área analisada.

3. Metodologia

A elaboração do estudo seguiu algumas etapas subdivididas em trabalho de gabinete, campo e laboratório, a primeira etapa, na qual são feitas as pesquisas da bibliografia e dados sobre a área em pesquisa bem como elaboração dos mapeamentos, dos relatórios e análises e correlações das mesmas. Os trabalhos de campo, outra etapa, na qual busca-se dirimir as dúvidas que surgiram durante as análises e elaborações dos mapeamentos e da paisagem avaliando o que de fato ocorre na área do Parque e seu entorno. O trabalho de laboratório, como terceira etapa conduz os experimentos e análises de amostras coletadas em campo, bem como, a fotointerpretação de imagens e fotografias aéreas.

O tratamento Cartográfico dos Produtos consistiu em dois processos foram aplicados para a elaboração da coleção cartográfica. As cartas foram convertidas para um formato raster e posteriormente digitalizadas em sistemas CAD, ou elaboradas diretamente em sistemas digitais a partir da base cartográfica topográfica (em um Sistema Geográfico de Informação – na plataforma ArcGis). A preocupação com o tratamento cartográfico em meio digital foi parte fundamental na pesquisa, pois tal procedimento viabilizou a síntese das características e dos limites ambientais definidos para cada compartimento geomorfológico estabelecido.

A cartografia elaborada a partir de dados obtidos de estudos existentes nos órgãos de pesquisa ou produto da elaboração digital e de fotointerpretação com levantamentos de campo para o reconhecimento das características físicas e bióticas elaboradas na revisão bibliográfica e na elaboração cartográfica, com checagem das características da paisagem, formas de relevo, estruturas, solos, impactos ambientais, entre outros. Para produzir uma cartografia de síntese que apontasse as possibilidades de uso do solo no PEJ, conforme os graus de fragilidade ambiental com vistas a instabilidade morfodinâmica dos terrenos, efetuou-se a correlação das informações cartográficas já levantadas (geologia, geomorfologia, solos, declividade, hipsometria) resultando esta correlação na carta síntese denominada Carta da Fragilidade Potencial do Meio Físico, conforme a sequência exposta na tabela 1.

TABELA 1
Etapas da elaboração do trabalho

Geologia	O material analisado foi compilado e digitalizado a partir dos Mapas Geológicos do Estado de São Paulo de (BISTRICHI et al., 1981). Foram determinadas áreas diferenciadas de acordo com a resistência do material litológico aos fenômenos erosivos.
Geomorfologia	Dois níveis de informações foram analisadas e sintetizadas em um só produto cartográfico. Num primeiro momento foram identificadas as unidades de relevo (cartografia de semidetalhe) compiladas de Ponçano (1981) e ROSS e MOROZ (1997) assim como a descrição das formas de relevo (ROSS, 2011). Num segundo momento, foi elaborada a cartografia geomorfológica de detalhe com a identificação dos processos erosivos, a rede hidrográfica e demais características do relevo (morfologia dos topos e vertentes) interpretados de fotografias aéreas (BASE, 2001).
Solos	As Informações foram obtidas do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1999) e posterior atualização em Rossi (2017), sendo também complementadas com Watanabe (1979). Houve reconhecimento em campo por meio de seis pontos amostrais por análise de perfis de solos de áreas selecionadas a partir da posição geomorfológica na paisagem.
Declividade	A carta de declividade foi determinada com cinco classes (0 -7°; 7°-15°; 15°-22°; 22°-45°; > 45°), ressaltando-se o destaque intencional para as classes delimitadas acima de 22°, onde se concentram as maiores probabilidades de movimentos de massa, e as encostas acima de 45° com grande probabilidade de rolamento e quedas de blocos rochosos e qualquer tipo de uso inclusive o acesso turístico (previstas também na Lei 4771/65 (BRASIL, 1965) e posterior atualização pela RES. CONAMA 303/02 (CONAMA, 2002).
1ª correlação	As cartas de solos e declividade do relevo foram correlacionados resultando numa primeira aproximação da delimitação das áreas de maior ou menor grau de fragilidade ambiental, no sentido de evidenciar o risco intensificado de erosão por escorregamentos ou deslizamentos.
2ª correlação	As informações obtidas foram então correlacionadas com os dados da Carta Geotécnica do Município de São Paulo (NAKAZAWA et al., 1994), subsidiando de modo mais preciso as recomendações e limitações de uso da terra na área analisada.
Síntese I: Fragilidade Potencial	Síntese das informações cartográficas previamente levantadas, resultando na carta denominada Fragilidade Potencial do Meio Físico, com quatro classes que indicam o grau de fragilidade potencial da área do PEJ e seu entorno imediato.

Fonte: Elaboração própria.

A análise da fragilidade do meio físico (potencial) neste trabalho, resultou de uma combinação de propostas de abordagens teórico-metodológicas complementares. Em Tricart (1977), buscou-se o conceito da Ecodinâmica do relevo, e da sua aplicação metodológica na delimitação da morfogênese e da pedogênese (as Unidades Ecodinâmicas são representadas em três categorias: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis), sendo essa base conceitual e metodológica a referência para uma análise da fragilidade ambiental proposto em Ross (1994) e aprimorada em 2012, no que tange à análise da fragilidade potencial e de um ambiente, o que favorece a produção de estudos que apoiam o planejamento ambiental dos ambientes e sua forte tendência a alta e muito alta fragilidade morfodinâmica.

A paisagem está além da imagem que observamos ao olhar por uma janela ou olhar do topo de uma montanha, ela agrega também elementos imateriais advindos das diversas culturas. As informações que apreendemos por meio dos nossos sentidos são apenas a forma de um conteúdo repleto de relações e contradições.

Para Alexander Von Humboldt (1769 – 1859), a paisagem seria reveladora do processo de formação e de transformação da natureza. Além disso, a paisagem evidenciaria o caráter orgânico da natureza, onde todos os elementos se mantêm em constante relação uns com os outros, inclusive com o ser humano.

No conceito da Ecodinâmica (TRICART,1977), a paisagem é o suporte das alterações humanas e deve ser considerada globalmente visando o estudo integrado de seus componentes ambientais. Neste sentido, a proposta do autor visa correlacionar tais componentes, permitindo a abordagem qualitativa como subsídio ao planejamento territorial.

Conforme Ferreira (2011 p. 6), Guerasimov em 1980, pontuou que as investigações relacionadas ao uso racional dos recursos naturais deveria efetuar-se de forma integrada e atualmente, essa visão representa a abordagem utilizada pela maioria dos estudos de paisagem, onde o compromisso de entender a ordem de um sistema, segundo seus padrões de regularidade ou aleatoriedade, tem sido o arcabouço teórico mais familiar para tratar a complexidade da funcionalidade das paisagens em diferentes graus de humanização. Ainda segundo o autor, as metodologias e técnicas da abordagem integrada da paisagem se apoiam no suporte teórico da Teoria Geral dos Sistemas, como ocorre com o trabalho de Tricart (1977).

A morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural na área analisada, onde os processos morfodinâmicos são impulsionados pela forte inclinação do relevo, afetando a superfície e a espessura dos solos e perturbando a disposição dos horizontes, ou uma parte importante dessa espessura, sendo essa a regra mais comum, ou em alguns casos não alterando a sucessão dos horizontes no perfil. Os movimentos de massa mais comuns nessas áreas com acentuada declividade e altitudes elevadas são os classicamente descritos como os rolamentos e desabamentos de blocos rochosos; os deslizamentos de massa os escorregamentos de taludes.

A declividade é um fator determinante no sistema observado, aos quais outros elementos combinados com maior ou menor intensidade resultam em importantes transformações morfodinâmicas. Particularmente, no caso da área analisada, a forte declividade associada aos solos rasos, tendem a comandar os processos erosivos, onde a incisão dos cursos d'água também desempenha papel fundamental. Os efeitos da tectônica aliados aos da litologia por sua vez, como em todos os modelados de dissecação, também se sujeitam à dinâmica climática, que acentua o intemperismo, resultando em grande quantidade de materiais depositados nas partes mais baixas do relevo e que também sofrem processos de carreamento de seus materiais evidenciando a intensa e constante dinâmica desse sistema geomorfológico.

Por fim, cabe explanar a respeito da relevância do PEJ quanto a algumas temáticas contemporâneas da discussão ambiental, no que tange à fundamental importância de áreas naturais em meios urbanos. Tratam-se de conceitos como os serviços ecossistêmicos prestados por esse sistema ambiental tanto no nível local quanto regional.

Os serviços ecossistêmicos disponíveis em ambientes naturais relativamente conservados, como ocorre no PEJ (tanto os de provisão quanto os de regulação ambiental), são atualmente, nas grandes cidades, uma das grandes apostas para o combate aos efeitos perversos crise climática (com grande capacidade de regulação do clima local, do conservação de cursos d'água, da preservação de bancos genéticos de espécies nativas, etc.).

EMBRAPA (2019), pautando-se em Haines-Young e Potschin (2018), cita a Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos (CICES), com o objetivo de padronizar a descrição dos SE para permitir a comparação entre métodos de contabilidade ambiental, de mapeamento e de avaliação. A CICES reconhece três categorias de serviços ecossistêmicos ou 'serviços finais dos ecossistemas': provisão (p. ex. o fornecimento de alimentos, água, madeira para combustível, fibras, bioquímicos e recursos genéticos); regulação (p. ex. regulação climática, de doenças, biológica, de danos naturais, purificação da água e polinização); e culturais (p. ex. ecoturismo e recreação, espiritual, estético, educacional, cultural, etc.). Os denominados 'serviços de suporte', comumente diferenciados em outras definições, são aqui tratados como as estruturas, os processos e as funções subjacentes que caracterizam os ecossistemas (p. ex. a formação dos solos, a produção de oxigênio, a ciclagem de nutrientes, a produção primária, etc).

É relevante mencionar a possibilidade do PEJ de vir a desempenhar papel fundamental em projetos de interligação de remanescentes florestais, por meio de corredores ecológicos (dentro da perspectiva da Década da Restauração Florestal das Nações Unidas), favorecido pela sua posição geográfica que o coloca relativamente fronteiriço a grandes áreas de remanescentes florestais tanto em terrenos privados como públicos.

O que separa o PEJ desses remanescentes (à Norte o Parque Municipal Anhanguera e à Oeste uma floresta em área privada) são grandes rodovias. Entretanto, é possível (e existem exemplos extremamente bem sucedidos como no Canadá, Holanda e Alemanha), onde a concretização do conceito das infraestruturas verdes na forma de 'passarelas ecológicas' ou 'pontes verdes', permite o fluxo de animais e espécies vegetais e o restabelecimento local e regional dos ecossistemas.

Neste sentido, os gastos são altos mas, as compensações futuras em termos de ampliação dos serviços ecossistêmicos, compensam tais gastos pelo maior equilíbrio ambiental, conservação de recursos hídricos, melhora das condições climáticas, entre outros. Apenas observando que, no contexto da urbanização caótica que geralmente se dá no Brasil, são necessárias fortes políticas públicas de gestão territorial da ocupação do solo, dirimindo a pressão pela ocupação crescentes sobre as áreas vegetais remanescentes e, no sentido contrário, incrementando os processos de restauração florestal no entorno desses corredores ecológicos.

4. Resultados e Discussões

4.1. Características do Meio Físico

A área do Parque está situada na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo. A área da bacia constitui-se de níveis altimétricos diversos, proporcionando diferentes feições ao relevo, onde aparecem, de modo alternado, planícies fluviais, terraços de deposição fluvial, colinas terraceadas, colinas de feições tabulares, patamares e rampas, além de maciços residuais, como o Pico do Jaraguá, ponto mais alto da região, com 1.135 m de altitude, o qual está no interior do Parque.

Com relação à sua caracterização geomorfológica, está inserido na unidade morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico, na morfoescultura denominada Planalto Paulistanos. As feições estruturais são representadas por zonas de rupturas orientadas sobretudo no sentido Leste Nordeste (PONÇANO, 1981). A litologia do PEJ, situado no Grupo São Roque, ao norte da cidade de São Paulo (BISTRICHI et aL, 1981), é constituída de granitos e quartzitos nas maiores altitudes e gnaisses e migmatitos nos níveis médios. O PEJ, segundo (SVMA/ SEMPLA, 2002), destaca-se pela ocorrência de maciços quartzíticos remanescentes nas bordas da bacia sedimentar, com dois picos que se sobressaem na paisagem, o Pico do Jaraguá, com 1.135 metros de altitude e o Pico do Papagaio,

com 1.127 metros e entre eles há uma área mais baixa, decorrente de uma falha transcorrente de direção L-O. De acordo com ROSS (1991), a permanência se deve à rigidez e resistência ao desgaste erosivo oferecida pelo bloco estrutural metamórfico de quartzito.

4.1.1. Geomorfologia

Ab'Sáber (2003) considera que o relevo e a matriz geológica impõe limitações à cobertura vegetal na localidade onde situa-se o Parque Estadual do Jaraguá, pela forte influência do ambiente característico de áreas elevadas. Deste modo, pequenos e frágeis redutos ou biomas rupestres se alternam em elevações rochosas denominadas 'mares de pedras', denominação esta que o autor associa à áreas onde rochas pouco decompostas se destacam na paisagem, o que também denomina como espinhaço quartzítico do Jaraguá.

A área do Parque está inserida na Morfoestrutura denominada Cinturão Orogênico do Atlântico onde predominam as Rochas Cristalinas nos setores mais elevados do relevo. Em uma escala mais detalhada, idenfica-se a morfoescultura Planalto Atlântico, borda da Bacia sedimentar, Planalto Paulistano.

A elaboração de mapeamentos a respeito do meio físico foi necessário para a correlação dos dados de clima, geomorfologia, solos, vegetação. Desta forma os mapas foram elaborados para a identificação dos principais elementos da paisagem que interferem na fragilidade potencial e consequentemente no planejamento ambiental.

O relevo local com sua configuração de forte influência estrutural é destacada por que o Pico do Jaraguá pertence às formações de morros e cristas quartzíticos, com elevação (partindo de 725 metros e atingindo até 1.135 metros de altitude) e por sua resistência e consequente permanência na paisagem ao longo do tempo geológico. No mapa hipsométrico é possível observar os níveis de altimetria da compartimentação do relevo do Pico do Jaraguá. Observa-se as diferentes classificações correlatas (Figura 2).

Os níveis altimétricos diferenciados (como no caso dos Picos do Jaraguá e Papagaio) podem, ainda segundo ROSS (1991), estar associados a diversas gêneses como os efeitos tectogenéticos cenozoicos ocorridos no Leste-Sudeste que resultaram em soerguimento com basculamento de blocos e com isso posicionamento em diferentes níveis altimétricos; e pelo efeito estrutural das intrusões graníticas e sieníticas que, sob os processos de erosão física e erosão química, apresentam velocidades diferenciadas de desgaste comparadas a outras rochas.

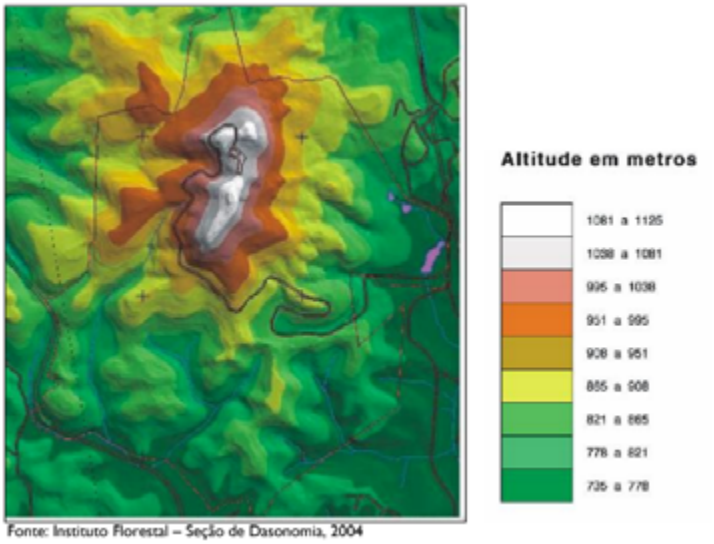


FIGURA 2: Mapa Hipsométrico do Parque Estadual do Jaraguá e entorno
Fonte: Fundação Florestal, 2010

Segundo ROSS (1991), este nível de erosão tangencia os topos das serras como o Jaraguá, Japi, Cantareira, entre outras, cujas porções mais elevadas se encontram nas altimetrias acima citadas. ROSS e MOROZ (1997) consideram que esta superfície na área dos terrenos cristalinos do leste paulista coincide com os blocos rochosos associados a intrusões de corpos graníticos (serras da Cantareira, do Itapeti, de São Roque, de São Francisco, do Itaqui e parte do sul do Japi) ou blocos estruturais metamórficos rígidos de quartzitos (Jaraguá e parte norte do Japi) e oferece maior resistência aos processos de meteorização e, consequentemente ao desgaste, tanto por ação química quanto física.

4.1.2. Geologia

A Geologia é parte do embasamento pré-cambriano com unidade magmáticas e metamórficas com suítes graníticas indiferenciados dos Grupos são Roque e Serra do Itaberaba e Complexo Embu. A área é também caracterizada pela presença de falas e zonas de falha.

Localizada no Facies Cantareira de Suítes Graníticas sintectônicas em blocos tectônicos que formaram grande batólitos e stocks, com caráter alóctone e parautoctone de feições de conato discordante e tansicionais. A granulação da composição granítica granodiorítica é de fina a média.

Apresenta rochas dos tipo filitos, quartzo filitos grafitosos em sucessões rítmicas incluindo subordinadamente metassiltitos e Quarto Xisto, Micaxistos e Quartzitos. Datados do Proterozoico superior 1000 a 570 m.a, bem como retrabalhamento de rochas mais antigas (Figura 3).

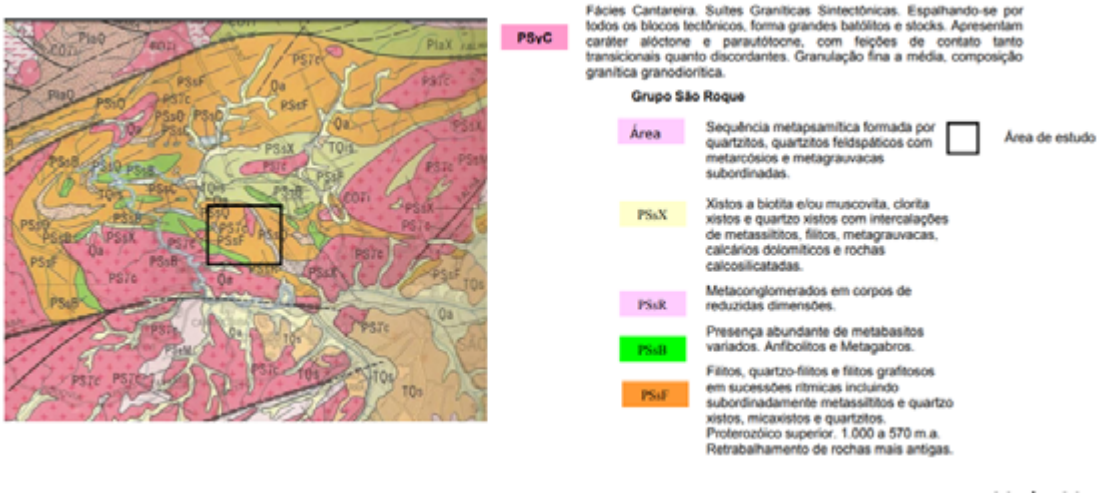


FIGURA 3: Mapa geológico do Estado de São Paulo
Fonte: BISTRICHI et al., 1981.

O PEJ, segundo (SVMA/SEMPLA, 2002), destaca-se pela ocorrência de maciços quartzíticos remanescentes nas bordas da bacia sedimentar, com dois picos que se sobressaem na paisagem, o Pico do Jaraguá, com 1.135 metros de altitude e o Pico do Papagaio, com 1.127 metros. Entre os dois picos há uma área mais baixa, decorrente de uma falha transcorrente de direção E-W. O maciço rochoso do Jaraguá é, segundo Ross (1991), um bloco estrutural metamórfico de quartzito, portanto rígido e de difícil desgaste erosivo.

Watanabe (1979) destaca que, com relação ao PEJ, as lentes de quartzitos predominantes nas áreas dos picos e seu entorno, são intercaladas com meta-arcózios ou sericita-xistos, aparecendo no ressalto topográfico bem pronunciado do Pico do Jaraguá. Também foi observada rocha xistosa, associada às lentes de quartzitos com certo grau de alteração. Esses aspectos ocorrem, sobretudo ao norte e ao sul do Pico do Jaraguá.

4.1.3. Clima

De acordo com Tarifa e Armani (2000, 2001), o Parque Estadual do Jaraguá está inserido na unidade climática natural definida como Clima Tropical Úmido Serrano da Cantareira (subdivisão Jaraguá). Este clima é subdividido por sua vez em dois mesoclimas: MESOCLIMA I: Tropical úmido serrano das faces meridionais do Jaraguá e Cantareira (com três topoclimas: A - vertentes leste; B – vertentes Sudeste; C – Vertentes Sudoeste); e MESOCLIMA II: Tropical úmido serrano das faces setentrionais do Jaraguá e Cantareira (com dois topoclimas: A – vertentes Noroeste; B – Vertentes Oeste

4.1.4. Solos

Os solos da área do Parque foram analisados por meio da compilação das Cartas de Solos produzidas para o Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1999) e e posterior atualização em Rossi (2017), sendo também complementadas com Watanabe (1979). Nos trabalhos de campo foram realizadas averiguações e demais bibliografias, sobretudo pesquisas produzidas pela Embrapa (2008), e também por meio de análises de perfis amostrais baseadas em formações superficiais controlados em campo a partir de estudo já feito anteriormente por Watanabe (1979).

Os solos na área analisada subdividem-se em neossolos litólicos associados a gleissolos, afloramentos rochosos, latossolos vermelho-amarelos (médio arenosos) e argissolos associados a cambissolos. Em áreas mais íngremes e elevadas (trechos com declividades acima de 45%), na área central do PEJ e ao norte e sul, aflora diretamente o substrato rochoso.

Os solos na área analisada subdividem-se em neossolos litólicos associados a gleissolos, afloramentos rochosos, latossolos vermelho-amarelos (médio arenosos) e argissolos vermelho-amarelos e no caso analisado médio-arenosos) associados a cambissolos (Figura 4).

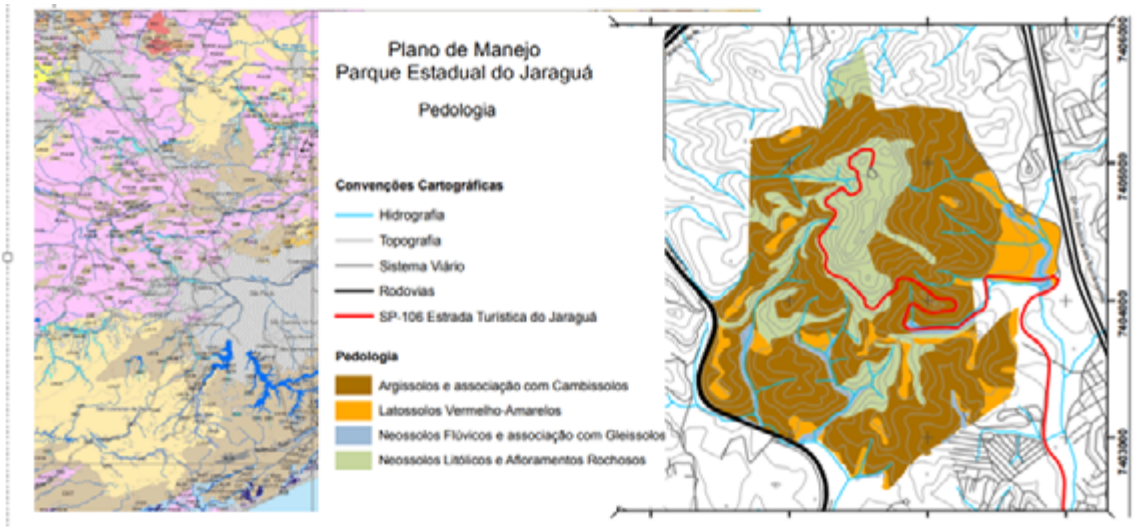


FIGURA 4: Mapa dos Solos
Fonte: ROSSI, 2017 e Fundação Florestal, 2010

4.1.5. Vegetação

Conforme análise realizada por Fundação Florestal, 2010, a formação predominante no PEJ é a Floresta Ombrófila Densa Montana, que cobre 434,2 ha do Parque, o equivalente a 91,5% da vegetação natural mapeada. No PEJ são encontrados também 37 ha de Savana arborizada (Sa) e cerca de 3 ha de Formação pioneira com influência fluvial herbácea (Pah), ou áreas de várzea.

O mapeamento detalhado resultou na identificação de seis subtipos de vegetação de Floresta Ombrófila Densa Montana, diferenciados pelo porte da vegetação e pela densidade da cobertura florestal, visualizados na fotointerpretação. Essas características, também constatadas em campo, podem ser interpretadas como indicativas do grau de conservação de cada mancha. Entretanto, a estrutura da vegetação, quando analisada isoladamente, não pode ser considerada como um fator determinante do estágio sucessional da floresta.

Essa informação deve ser interpretada com a composição florística para uma avaliação mais apurada da estrutura e diversidade das comunidades, permitindo a realização de inferências mais precisas sobre a conservação da área. Portanto, essas informações provenientes do mapeamento devem ser consideradas como um ponto de partida para uma avaliação mais detalhada e específica sobre a vegetação do Parque.

Na figura 5 é possível observar na cor verde, o que restou da Mata Atlântica no estado de São Paulo em comparação com o Domínio da Mata Atlântica original, na cor amarela.

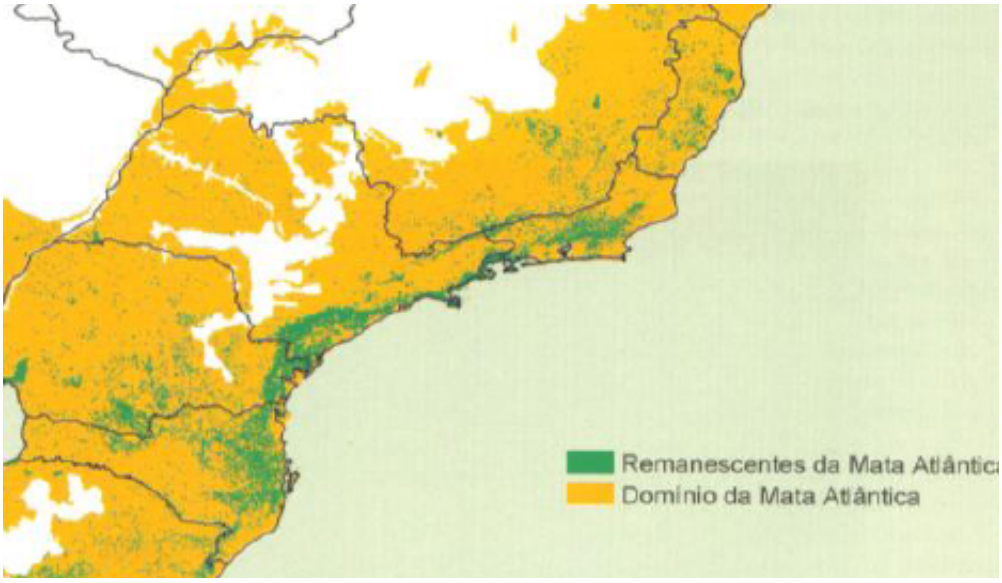


FIGURA 5: Remanescentes da Mata Atlântica
Fonte: Fundação Florestal, 2010

4.2. Fragilidade Potencial

Para um planejamento ambiental adequado é necessário conhecer os condicionantes do meio físico e suas características em conjunto com as necessidades da população que vai se beneficiar desse planejamento. Isso se faz necessário para que os usos sejam correlatos as fragilidades e potencialidades da área a ser estudada. Isso significa também do ponto de vista do relevo que quanto maior o índice de dissecação de um compartimento, maior potencial ele tem à instabilidade morfodinâmica, por isso a importância dessa análise mais profunda.

Os efeitos da tectônica combinam-se aos da litologia como em todos os modelados de dissecação, onde a declividade é fato importante a ser considerado na análise da fragilidade ambiental. Com relação a compartimentação do relevo, tem-se que nas áreas de acumulação, a entrada de materiais, é acompanhada também de instabilidade e rápida remoção, isso é percebido nos setores mais rebaixados do relevo, ou mesmo nos patamares de acumulação de materiais. Portanto, a morfogênese é elemento chave da dinâmica natural do ambiente e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados, pois a mesma vai definir as formas do relevo em cada setor das vertentes. Desta forma, é possível, dentro deste tipo de abordagem, estabelecer os graus de fragilidade para os compartimentos delimitados pela sua semelhança de processos morfogenéticos predominantes.

Destaca-se, neste sentido que é também pelas características dos solos associadas às características clinográficas, que a instabilidade potencial do PEJ é considerada de alta a muito alta, fatores estes agravados pelos processos intensos de morfogênese, contribuindo para a ocorrência de fortes processos erosivos intensificados por ações antrópicas, ocasionando movimentos de massa e erosão linear com solos expostos, ravinamentos e voçorocas (Figura 6).

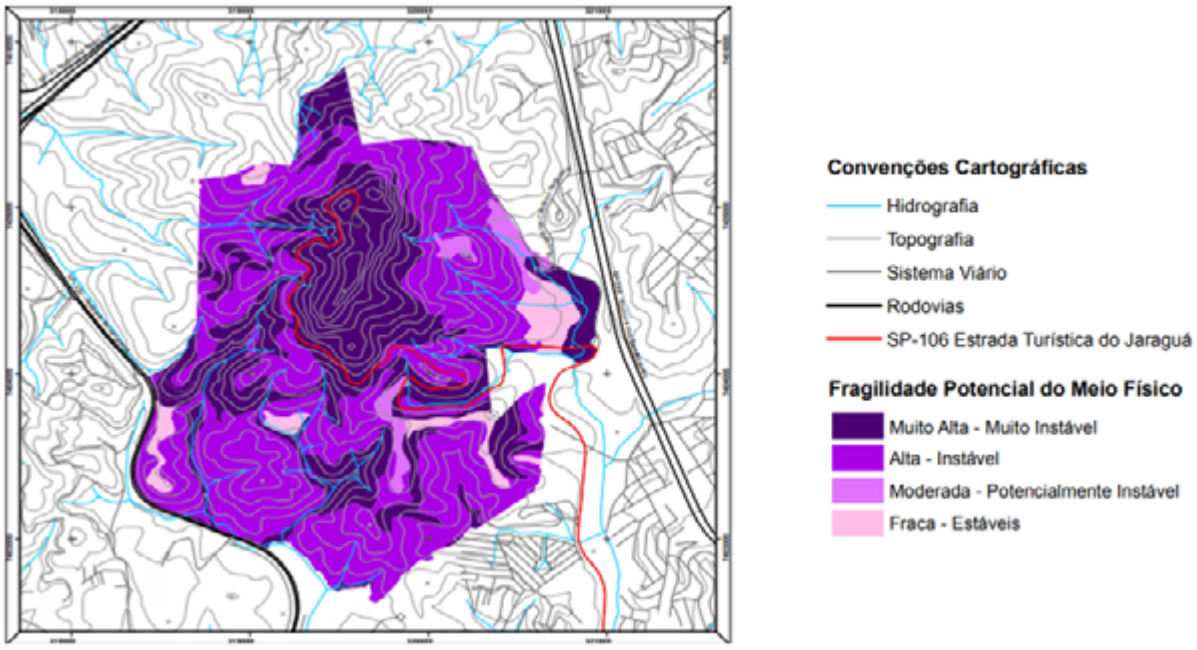


Figura 6: Mapa da Fragilidade Potencial
Fonte: Fundação Florestal, 2010

Os compartimentos do relevo nos quais predominam a classificação e fragilidade potencial muito alta são caracterizados pela abrangência de rochas migmáticas heterogêneas em relevos bastante variados morros altos e médios com moderados a intensos processos de dissecação, média a alta declividade. Os solos predominantes nesses setores são os argissolos nos de menor declividade e, cambissolos nos setores mais dissecados. Em alguns compartimentos também aparecem os latossolos onde ocorre maior acumulo de material pela presença de relevo mais rebaixado e a menor dissecação, pela maior concentração de água e intenso intemperismo.

Os compartimentos mais dissecados apresentam forte presença de afloramentos rochosos, além da elevada densidade de drenagem. Esses fatores determinaram um conjunto suscetível, de alta fragilidade ambiental, fragilidade muito alta e dinâmica muito instável. Nas áreas de classificação de fragilidade Alta aparecem os setores de vertentes com média a alta dissecação no Parque Estadual Jaraguá.

5. Considerações Finais

Numa época em que os remanescentes da flora e da fauna nativas de São Paulo encontram-se extremamente pressionados pelo contínuo avanço da ocupação antropogênica, tanto pelo sistema viário quanto habitacional, dentre outras estruturas altamente impactantes para a Natureza, considera-se, neste estudo, a necessidade de avaliar continuamente e de modo cada vez mais aprofundado, os impactos que tais pressões impõem na conservação interna e envoltória da unidade e nos serviços ecossistêmicos desempenhados por esse sistema ambiental remanescente.

Torna-se necessária uma atuação concomitante e incisiva sobre os elementos que impactam negativamente os ecossistemas desta unidade de conservação e de seu entorno, no sentido de proteger a biodiversidade restante e promover sua progressiva recomposição. A persistência de situações altamente impactantes para esse sistema ambiental ao longo do tempo, expõe a lacuna do planejamento ambiental territorial mais assertivo, que abarque não somente a escala local, como a regional.

Neste sentido, um esforço conjunto de políticas públicas de conservação ambiental somado a estudos pautados em novas metodologias, como as propostas pela Década da Restauração Ecossistêmica das Nações Unidas e concretizada pela criação de corredores ecológicos, dos quais, São Paulo necessita para interligar suas florestas, também aumenta os espaços de lazer para a sociedade, melhora o deslocamento e a sobrevivência da fauna e enriquece a biodiversidade. A condição atual de isolamento do PEJ reduz o fluxo gênico das espécies, essencial para minimizar as taxas de endogamia, conforme já apontava a Fundação Florestal (2010).

Dentre os diversos fatores a serem ressaltados na análise elaborada para este estudo, destaca-se que a localização do PEJ e sua situação em relação ao entorno densamente urbanizado, o tornam ainda mais vulnerável e ao mesmo tempo, importante e necessário, tanto como local de lazer e descanso para uma população carente de tais recursos numa megalópole, como fundamental no sentido de regulação e de provisão que a natureza fornece aos seres humanos.

A análise dos elementos condicionantes do meio físico, que compõem e sustentam a paisagem e o relevo, se mostraram imprescindíveis para a elaboração de instrumentos de avaliação da fragilidade ambiental, avaliação esta balizadora das decisões de manejo da unidade e do entendimento da dinâmica da ocupação vegetacional e faunística desta área de estudo. Neste sentido, conclui-se que o uso dos estudos sistêmicos, que englobam os diversos fatores que compõem a paisagem, favorecem e contemplam os diversos elementos para o planejamento integrado de áreas de conservação ambientalmente frágeis e altamente suscetíveis aos impactos e pressões antropogênicas de uma megalópole que a envolve.

Agradecimentos

Agradecemos ao Laboratório de Geomorfologia do Departamento de Geografia da USP e à Fundação Florestal do Estado de São Paulo.

Referências

Ab''SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.

BISTRICHI, C.A., CARNEIRO, C.D.R., DANTAS, A.S.L., PONÇANO, W.L., CAMPANHA, G.A. da C., NAGATA, N., ALMEIDA, M.A. de, STEIN, D.P., MELO, M.S. de & CREMONINI, O.A. **Mapa geológico do estado de São Paulo**. Escala 1: 500 000. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Monografias n°6, Volume II-Mapas. 1981.

BRASIL. Lei 4771/1965. **Código Florestal Brasileiro** [online] Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/L4771.htm.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução **nº 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. (Diário Oficial da União – 13/05/2002). https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_303.pdf.

FERRAZ, R. P. D.; PRADO, R. B.; VARGAS, L. M. P.; CAMPANHA, M. M. ... [*et al.*], editores técnicos. **Marco referencial em serviços ecossistêmicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 134 p.

GUERASIMOV, A. A. **Problemas metodológicos de la ecologización de la ciencia contemporánea**. In: La Sociedad y el Medio Natural. Moscou: Ed. Progresso, 1980. p.57-74

FERREIRA, V. O. **A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados**. *GeoTextos*, *6*(2). 2011. Disponível em: https://doi.org/10.9771/1984-5537geo.v6i2.4836

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. B. **Revision of the Common International Classification for Ecosystem Services**

(CICES V5.1): a policy brief. One Ecosystem 3, article e27108, 2018. DOI: 10.3897/oneeco.3.e27108.

NAKAZAWA, V.A.; FREITAS, C.G.L.; DINIZ, N.C. **Carta Geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1:500.000.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Publicação 2089, 2 v., 22 p. e Mapa, 1994.

PONÇANO, W. L. *et al.* **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, (IPT). Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 1981.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Ed. Contexto, 2ª ed., 1991.

ROSS, J. L. S**. O registro cartográfico dos fatos Geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do Departamento de Geografia, 1992, 6:17-29.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica das fragilidades dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 8, p. 63-74. 1994.

ROSS, J. L. S. & MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Departamrnto de Geografia FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP, 1997. 63 p.**

ROSS, J. L. S. **Relevo Brasileiro: uma nova proposta de classificação**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 4, p. 25-39. 2011.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 38-51, 2012

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal; 2017. 118 p.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente. Fundação Florestal. **Plano de manejo do Parque Estadual do Jaraguá.** São Paulo, 2010. 404 p.

SÃO PAULO. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas; Rio de Janeiro: EMBRAPA-Solos, 1999.

SVMA/SEMPLA. **Atlas Ambiental do Município de São Paulo**. Fase I: Diagnósticos e Bases para a Definição de Políticas Públicas para as Áreas Verdes do Município de São Paulo. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente e Secretaria de Planejamento da Prefeitura do Município de São Paulo. 2002.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G**. Unidades climáticas urbanas da cidade de São Paulo** (primeira aproximação). In: Atlas Ambiental do Município de São Paulo. São Paulo, Prefeitura do Município de São Paulo - SEMPLA/SVMA, 1v., 2000. CDROM.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. **Os climas naturais**. In: TARIFA. J. R. & AZEVEDO, T. R. (orgs.) Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática. São Paulo, GEOUSP (Coleção Novos Caminhos, 4), p.34-46, 2001.

TRICART, J. 1977 – **Ecodinâmica**,.Rio de Janeiro, IBGE. Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1. Diretoria Técnica. FIBGE/SUPREN. 91p. Disponível em https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf.

WATANABE, A. S. **Estudo geomorfológico na borda norte da bacia de São Paulo** - Pirituba. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP, Dissertação (mestrado), 129p., 1979.

PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA NO BRASIL

Alice Tavares Vieira
Universidade Federal de Juiz de Fora
Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, Juiz de Fora, MG, Brasil, 36036-900
E-mail: alicetvieiraufjf@gmail.com
Gisele Barbosa dos Santos
Universidade Federal de Juiz de Fora
Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, Juiz de Fora, MG, Brasil, 36036-900
E-mail: barbosadossantosgisele@gmail.com

1. Apresentação/ Problemática

A predominância da morfologia cárstica no Brasil ocorre em rochas carbonáticas, apesar de existirem também ocorrências de formas cársticas em rochas siliclásticas e em formações ferríferas (SALLUM FILHO; KARMANN, 2012). Segundo os autores, foi no Proterozoico que as rochas carbonáticas se assentaram em áreas cratônicas e em faixas de dobramentos. A área de maior ocorrência cárstica faz parte do Grupo Bambuí, presente nos estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia (KARSMAN; SÁNCHEZ, 1986 apud SALLUM FILHO; KARMANN, 2012). Tendo 8,5 milhões de Km^2, o Brasil apresenta de 5 a 7% de áreas cársticas, segundo estimativas de Karmann (1994, apud TRAVASSOS, 2019), podendo essa porcentagem variar de autor para autor.

Considerando o potencial cárstico brasileiro, torna-se relevante o levantamento da produção científica nacional a respeito do relevo cárstico. Além dos temas abordados, é possível analisar também dados quantitativos, espaciais e metodologias aplicadas.

2. Objetivos

Analisar os artigos sobre Carste presentes na Revista Brasileira de Geomorfologia e no Simpósio Nacional de Geomorfologia, para então traçar um panorama deste tema na produção científica brasileira.

3. Referencial Teórico

O relevo cárstico é comumente associado a rochas carbonáticas, ou seja, rochas ditas mais solúveis; porém, discute-se cada vez mais a inclusão de rochas não carbonáticas no grupo das sujeitas a processos de carstificação (PILÓ, 2000). A chave para a discussão conceitual a respeito do carste está em seus processos de formação. Segundo Ford e Williams (2007) e Benson e Yuhr (2016), é chamado de pseudocarste formações em rochas não carbonáticas similares às ocorridas em rochas carbonáticas, entretanto originadas por processos físicos.

O principal agente evolutivo do relevo cárstico é a água, destacando-se o processo de dissolução da rocha. Todavia, para que a dissolução ocorra, é necessário a presença de descontinuidades, como falhas e fraturas, para a percolação da água na rocha (KLIMCHOUCK; FORD, 2000). Diretamente ligado à ação da água encontra-se o clima, levando em conta que áreas com maior precipitação apresentam maior taxa de desnudação geoquímica (WHITE, 1984 apud PILÓ, 2000). O fator também se reflete no tempo, onde áreas com maior precipitação apresentam maior velocidade de evolução do relevo cárstico (SMITH; ATKINSON, 1876 apud PILÓ, 2000). Apesar da ação química da água ser o principal processo no sistema cárstico em rochas carbonáticas, também estão presentes processos físicos e mecânicos; porém em menor escala (KOHLER, 1994).

Para Hardt e Pinto (2009), o carste pode formar-se a partir de rochas pouco solúveis, contando que o intemperismo químico resulte na morfologia cárstica, assim como na organização de uma rede de drenagem no mínimo parcialmente subterrânea, mesmo que não seja o processo predominante no sistema. Segundo os mesmos autores, assim como ocorre nas rochas carbonáticas, em rochas pouco solúveis também são encontrados processos tanto químicos quanto físicos, sua diferenciação está na predominância de processos mecânicos.

4. Proposta de Metodologia

A partir de Barros e Reis (2019), a presente pesquisa busca traçar um panorama da produção científica brasileira a respeito da geomorfologia cárstica

em um intervalo de 20 anos. Com esta finalidade foram desenvolvidas categorias relacionadas ao tema. Serão utilizados os artigos publicados na RBGeomorfologia (jan. 2000 – dez. 2020) e dos artigos nos anais do SINAGEO (2012 – 2018).

A leitura imanente dos textos permitiu o levantamento de uma série de dados, organizados a partir de uma planilha contendo as seguintes informações: título do artigo; autoria; ano de publicação; instituição de vínculo do(s) autor(es); estado a que pertence a instituição de vínculo; publicado pela RBGeomorfologia ou no Sinageo; palavras-chave; subtemas; litologia, se aborda sobre rochas carbonáticas ou não carbonáticas e a unidade geológica pertencente a área de estudo. Os subtemas definidos seguem no quadro abaixo com suas devidas explicações:

QUADRO 1
Relação de subtemas nas publicações sobre carste na RBGeomorfologia e SINAGEO

SUBTEMA	INTERPRETAÇÃO
Revisão bibliográfica	Artigos com o objetivo de realizar um estudo teórico com o intuito de rever conceitos.
Mapeamento e compartimentação	Artigos com o objetivo de realizar o mapeamento de uma área ou que utilizaram da técnica de compartimentação geomorfológica.
Morfologia cárstica	Artigos que apresentaram definições morfológicas do relevo cárstico.
Discussão Metodológica	Artigos com o objetivo de discutir aplicações metodológicas.
Legislação	Artigos com o intuito de discutir a legislação a respeito do relevo cárstico.
Processos e dissolução em ambientes cársticos em rochas carbonáticas	Artigos que apresentam discussão sobre processos e dissoluções em rochas carbonáticas.
Processos e dissolução em ambientes cársticos em rochas não carbonáticas	Artigos que apresentam discussões sobre processos e dissolução em rochas não carbonáticas.
Exocarste	Artigos contendo feições presentes no exocarste, como dolinas, lapiás, poljes, etc.
Epicarste	Artigos contendo feições presentes no epicarste.
Endocarste	Artigos contendo feições que constituem o endocarste, como cavernas, rios subterrâneos, etc.
Falhas e fraturas em rochas carbonáticas	Artigos que abordam a existência de falhas e/ou fraturas em rochas carbonáticas.
Falhas e Fraturas e rochas não carbonáticas	Artigos que abordam a existência de falhas e/ou fraturas em rochas não carbonáticas.
Metodologia	Artigos que façam uso de SIG, *softwares* como *Microsoft Excel*, *ArcGIS*, *Qgis*, dentre outros; além de imagens de radar e satélites.

Fonte: próprios autores, 2021.

Utilizando *softwares* de geoprocessamento como *Qgis* e *ArcGIS*, mapas serão desenvolvidos para uma melhor visualização espacial das categorias contidas na planilha citada anteriormente. Assim como, fazendo uso novamente do *Microsoft Excel*, gráficos também serão desenvolvidos, para assim, ter um melhor entendimento a respeito dos dados que serão apresentados.

A partir dos dados produzidos, é possível tecer um panorama da produção científica no Brasil relacionada ao tema, seus caracteres de relevância, embates e discussões na academia contemporânea.

5. Desafios/ Dificuldades

Devido à pandemia da Covid-19, a pesquisa restringiu-se ao levantamento de dados a partir de sítios virtuais, constando-se periódicos, *e-books* de domínio público e livros de fácil acesso. Em decorrência desta limitação, é um desafio recorrente o acesso a produções científicas não somente de base teórica, como às produções a serem analisadas. Por exemplo, o sítio virtual da UGB esteve fora do ar, impedindo a coleta de dados momentaneamente. No decorrer da pesquisa, revelou-se uma rica diversidade de subtemas relacionados ao carste no Brasil; esta amplitude também se faz presente como desafio.

Apesar de ampla, a pesquisa de sistemas cársticos constitui-se ainda como desafio na medida em que o objeto ainda permanece pouco explorado quando levamos em conta outras áreas da geomorfologia. Em suas lacunas, se fazem presentes inclusive contradições a respeito de formações que podem ou não serem consideradas cársticas. Porém, nestes desafios se evidenciam a relevância do tema.

6. Resultados Esperados

Dentro de 20 anos, foram encontrados 33 artigos na temática desta pesquisa. Com total de 5088 artigos publicados, 0,65% correspondem aos sobre carste. Esses números evidenciam as lacunas e vulnerabilidades encontradas em tal tema, visto que suas feições estão constantemente sob ação antrópica, sendo de uso econômico ou turístico; muitas vezes indesejados.

Com esta pesquisa, espera-se apontar a importância de tal tema, inspirando cientistas a estudarem cada vez mais a geomorfologia cárstica.

Referências

BARROS, L. F. P.; REIS, R. A. P. A PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM GEOMORFOLOGIA FLUVIAL NA REVISTA BRASILEIRA DE GEOMORFOLOGIA: PANORAMA BIBLIOGRÁFICO, TENDÊNCIAS E LACUNAS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 673-680, jul. 2019. Bimestral. Disponível em: http://dx.doi.org/10.20502/www.ugb.org.br rbg.v20i3.1553. Acesso em: 10 mar. 2021.

BENSON, R.C.; YOHR, L.B. **Site Characterization in Karste and Pseudokarst Terraines: Practical Strategies and Tecnology for Practicing Engineers, Hydrologists and Geologists**. Springer, 2016.

FORD, D. C.; WILLIAMS, P. W. **Karst Hydrogeology and Geomorphology**. Wiley: Chichester, 2007.

HARDT, R; PINTO, S. A. F. CARSTE EM LITOLOGIAS NÃO CARBONÁTICAS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 99-105, jul. 2009. Bimestral.

KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C. Types of karst and evolution of hydrogeologic Settings. *In*: KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C.; PALMER, A. N.; DREYBRODT, W. (Ed.) **Speleogenesis: Evolution of karst aquifers**. Huntsville: National Speleological Society, 2000.

KOHLER, H.C. Geomorfologia cárstica. In: CUNHA, S.B. da; GUERRA, A J.T. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. cap. 7, p.309-334.

PILÓ, L. B. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 88-102, jan. 2000. Bimestral.

SALLUM FILHO, W.; KARMANN, I. Províncias cársticas e cavernas no Brasil. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M. de; BARTORELLI, A. **Geologia do Brasil**. São Paulo: BECA, 2012. p. 629-641.

TRAVASSOS, L. E. P. **PRINCÍPIOS DE CARSTOLOGIA E GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA**. Brasília: Editora labs, 2019. 246 p.

PROCESSOS EROSIVOS RELACIONADOS AO RELEVO E USO DO SOLO: NO MUNICÍPIO DE SUMIDOURO (RJ)

Carolina Maciel Mattos
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Prédio CCMN, Bloco H sala 22, CEP 21941-916, Ilha do Fundão, Cidade Universitária
E-mail: maciel2531@gmail.com
Mateus da Silva Ferreira
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Prédio CCMN, Bloco H sala 22, CEP 21941-916, Ilha do Fundão, Cidade Universitária
E-mail: mateusferreira.ufrj@gmail.com
Monara da Silva Santos
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Prédio CCMN, Bloco H sala 22, CEP 21941-916, Ilha do Fundão, Cidade Universitária
E-mail: monarasantos09@gmail.com
Giselle Ferreira Borges
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Prédio CCMN, Bloco H sala 22, CEP 21941-916, Ilha do Fundão, Cidade Universitária
E-mail: borges.geografiaa@gmail.com
André de Souza Avelar
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Prédio CCMN, Bloco H sala 22, CEP 21941-916, Ilha do Fundão, Cidade Universitária
E-mail: andre.avelar@globo.com

Resumo

As práticas agrícolas e o crescimento urbano afetam os solos e os deixam propensos à erosão, que podem desencadear a formação de ravinas, voçorocas e os deslizamentos devido ao manejo inadequado. O objetivo do trabalho é identificar os locais que possuem processos erosivos derivados das atividades agropecuárias e de infraestrutura disponíveis no município de Sumidouro (RJ). Metodologicamente foram confeccionados mapas com auxílio de imagens de satélite para classificar os usos de solo e processos erosivos, associados com dados censitários do IBGE renda, abastecimento de água e esgotamento sanitário, relacionando-os sobre os efeitos desses processos na paisagem. A partir do mapa de uso de solo foi possível constatar que os processos erosivos estão relacionados diretamente com o tipo de uso da região e que houve o aumento ao longo dos anos, devido a retirada do material superficial a ponto de expor os solos. Com relação aos dados estatísticos do município foi possível analisar que Sumidouro não possui saneamento básico em todos os distritos, sendo restrito ao centro da cidade. Portanto, cabem ações municipais para solucionar problemas relacionados ao esgotamento sanitário e programas que visem atividades agropecuárias mais sustentáveis e que visem a eficácia dos sistemas e serviços ambientais da região.

Palavras-chave: Agricultura; Solo; Ambiente; Erosão.

1. Introdução

As paisagens são constantemente modificadas devido ás ações dos processos erosivos, fenômenos estes que podem retirar ou transportar detritos da superfície, a partir do desgaste e transporte (GUERRA, 2017). A erosão é um fator exógeno de modificação do relevo que favorece a formação de ravinas e voçorocas que deixam o solo enfraquecido e facilitam a movimentação de massa. A erosão dos solos foi identificada como sendo um dos mais graves problemas ambientais da atualidade (FAO e ITPS, 2015).

Poesen (2003) define ravina como sendo o aparecimento de canais estreitos que se formam pela remoção do solo, quando esse se encontra com um canal subsuperficial que passa a evoluir para a voçoroca. Segundo Cherobin (2012), voçorocas são processos erosivos mais acelerados como sulcos que começam a se formar pelo atrito da água com o solo, que possibilitam a escavação do terreno. Enquanto que o deslizamento é um mecanismo que remove e transporta, vertente abaixo, as formações superficiais e o material rochoso sob influência da gravidade, que pode ser intensificado pela força da água (BIGARELLA, 2003). Este pode advir de escorregamentos, rastejo, quedas e corridas (MARTINI, 2006). Geralmente, quando o solo está enfraquecido e sem cobertura vegetal, esses efeitos ocorrem com mais frequência.

Os deslizamentos podem causar riscos socioambientais, quando o solo se encontra sem proteção por parte da vegetação e quando há eventos pluvio-métricos de grande intensidade e durabilidade. Conforme aponta Veyret (2007), esses fatores são inerentes à sociedade e geralmente possuem uma dimensão espaço-temporal, ainda que seja uma perspectiva de acontecimentos futuros. Os acidentes, desastres e catástrofes são marcas deixadas na paisagem e também por diferentes processos de origem social, natural ou mesmo tecnológicos. Além disso, Silva (2016) ratifica que a falta de planejamento urbano vem causando muitos problemas ligados ao uso e ocupação do solo, pois a população acabam por construir suas edificações em locais de risco, como em vertentes e encostas. Em muitos casos esses ambientes podem vir a erodir ou até mesmo deslizar, trazendo inúmeros prejuízos humanos que poderiam ser evitados ou mitigados pelo planejamento ambiental.

De acordo com o Estatuto da Cidade (2001) deve-se ter garantias do direito às cidades sustentáveis, incluindo saneamento ambiental e serviço de básico para a população. Silva (2016) explicita que quando há o planejamento urbano adequado, como acesso a saneamento básico, os riscos ambientais são mitigados. Bem como, as áreas onde há intensa produção agrícola também são propensas aos riscos, pois o manejo acarreta modificações ao solo tanto físicas quanto químicas e, normalmente, o solo não se recupera dos danos causados por insumos agroquímicos e pelo desmatamento. Dessa forma, como apontado por Moreira (1999), as atividades ligadas ao primeiro setor da economia causam impactos significativos ao meio com o desperdício de água, poluição, rios e degradação de áreas verdes.

Dessa maneira, as formas do relevo influenciam na identificação de zonas que são vulneráveis, em associação às características geológicas e geomorfo-lógicas. Avelar (2003) aponta que a declividade e a curvatura interferem no modo como a água e os sedimentos deslocam-se pelas encostas, sendo as áreas íngremes que possuem maior suscetibilidade aos processos erosivos, devido à força da gravidade. Deste modo, o entendimento sobre o ambiente e seus processos modificadores possibilitam maior compreensão das formas e riscos socioambientais.

Desta forma, no presente trabalho, pretende-se analisar os processos erosivos causados pelas atividades antrópicas no município de Sumidouro, bem como distinguir as principais funções e ocupações e mudanças no uso do solo. Verifica-se a ausência de informações geoespaciais sobre a localidade de modo a identificar os trechos mais vulneráveis e identificando principais impactos no município de Sumidouro. Como também, o contexto socioeconômico sobre dados de infraestrutura, ligados ao abastecimento de água, esgotamento e renda, gera subsídios para o entendimento da distribuição desses serviços que são primordiais para qualidade de vida. Muitas dessas questões estão diretamente ligadas ao impacto no geossistêmica e como o ambiente reage ao despejo de esgotos não tratados, que como sabido pode poluir solos, lençóis freáticos e reservatórios de água (SILVA, 2009). Além disso, quando não há um abastecimento de água, a população acaba captando esses recursos de outras formas, às vezes modificando cursos de rios, e com isso pode acarretar processos erosivos, aumento de sedimentos nos canais e diminuição da vazão pelo acúmulo dos bancos de areia (GUERRA, 2003).

As atividades agropecuárias devem ter como pressuposto alternativas mais sustentáveis com propostas e implementação de atividades agrícolas mais resilientes e que degradem menos o ambiente. A atual forma produtiva está pautada na produção exacerbada e não na subsistência e demanda individualizado, como os orgânicos, pois se houve o desenvolvimento com o respeito às peculiaridades de cada bioma, com a finalidade de melhorar a qualidade da terra e do solo, tais atividades poderiam ser aliadas aos sistemas ambientais (ODS, 2019).

A pesquisa busca trazer melhor compreensão das dinâmicas ambientais que compõem o município. Essa temática será de grande relevância para Sumidouro, que possui poucos estudos e dados, contribuindo de forma significativa para a manutenção da topografia local. A escolha por este tema surgiu pela familiaridade com o ambiente e para contribuir com a comunidade local e acadêmica. O objetivo central é identificar os locais que possuem maior degradação ambiental, resultado das atividades antrópicas. E tabular dados relacionados à infraestrutura urbana, para entender como estão ocorrendo as mudanças de uso do solo no município e quais consequências acarretam na paisagem local.

2. Área de Estudo

Segundo informações do IBGE (2010), Sumidouro é um município pertencente à região serrana do estado do Rio de Janeiro e é pouco industrializado com 15 mil habitantes e densidade demográfica de 37,67 hab/km² e o produto interno bruto municipal (PIBM) tem uma estimativa de R$ 28.758. Cabe destacar que o município sofre influência direta de Nova Friburgo, como região polarizadora das principais atividades. Os principais distritos da região são: Sede (Sumidouro), Campinas, Dona Mariana e Soledade. Os municípios limítrofes são: Carmo, Duas Barras, Teresópolis, Nova Friburgo, Sapucaia e São José do Vale do Rio Preto, conforme podem ser vistos na Figura 1.

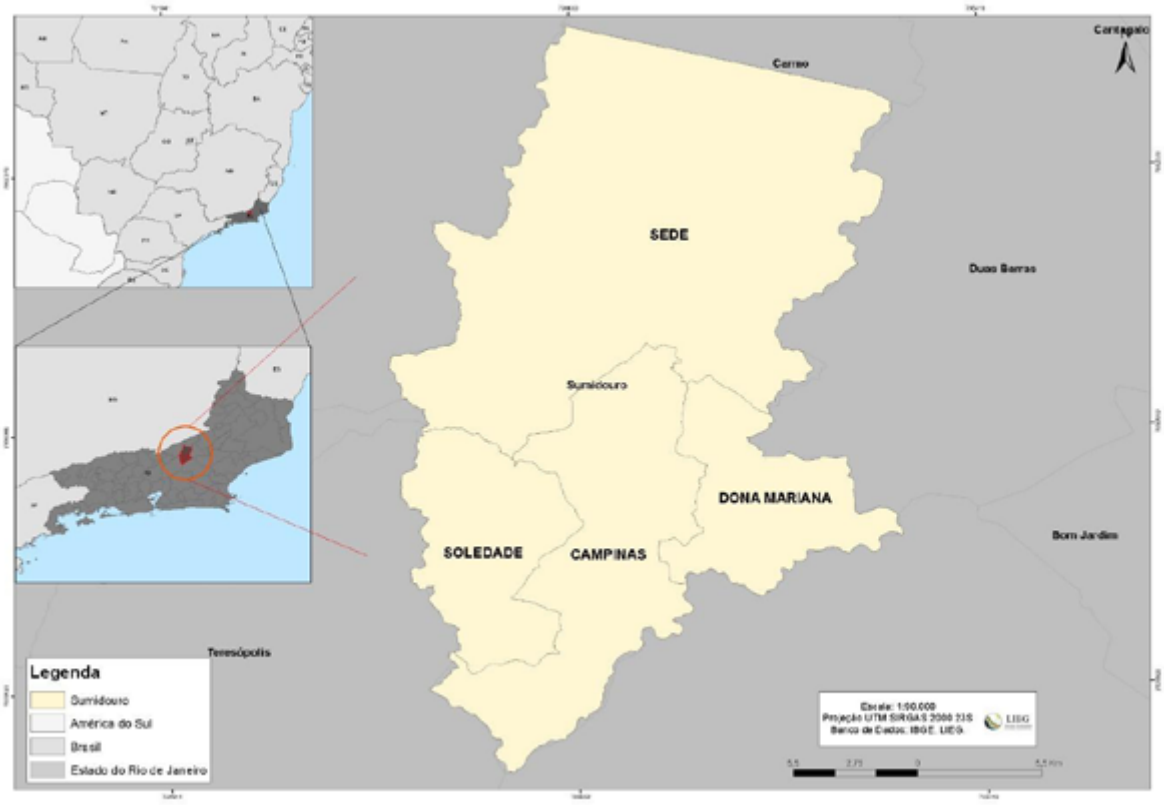


Figura 1: Mapa de Localização do Município de Sumidouro, Rio de Janeiro.
Fonte: Autores, 2021.

O clima da região é o tropical de altitude característico do domínio serrano, que possui como bioma a Mata Atlântica, em que parte da vegetação é composta por áreas, entretanto sua paisagem é constantemente modificada pelas práticas agrícolas. Dessa maneira, a geologia da região é originada da escarpa atlântica da Serra dos Órgãos relacionada com recuo erosivo de uma antiga escarpa de falhas associado ao Grabén da Guanabara (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998). Geomorfologicamente possui relevo montanhoso e colinoso, ou seja, acidentado. Dantas (2000) classifica como segmento da Serra do Mar: escarpa sul (atlântica), planalto e a vertente norte da Serra dos Órgãos. Esse relevo torna-se propício aos movimentos de massa que podem gerar impactos negativos, como o ocorrido na tragédia de 2011, onde gerou perdas irreparáveis, econômicas e ambientais.

As atividades econômicas praticadas na localidade são do primeiro setor da economia, agricultura e pecuária. Panachuki *et al.* (2005) fomenta que esses ramos ocasionam intensas mudanças no uso do solo, degradando-o e alterando sua estrutura original. De acordo com o Censo Agropecuário de 2006, um total de 291 estabelecimentos ocupava uma área de 839 hectares com lavouras permanentes, enquanto 1.321 estabelecimentos ocupavam 4.834 hectares com lavouras temporárias (IBGE, 2006). De acordo com o Plano Nacional de Saneamento (2014), Sumidouro teve aumento de trechos desmatados por ação antrópica, ocasionando diversos problemas erosivos na região. Além disso, a região sofre com a falta de incentivo político, econômico e social, sendo o município com o esgotamento sanitário mais baixo do estado do Rio de Janeiro com apenas 29% das edificações (IBGE, 2010).

3. Metodologia

Para a confecção dos mapas de uso de solo, a metodologia foi estruturada e definida em quatro etapas: seleção de imagens, processamento inicial, análise e classificação e processamento final. A primeira etapa refere-se à aquisição das imagens de satélite, que foram adquiridas no site oficial da USGS (*United States Geological Survey*), referentes aos satélites Landsat-7 e Landsat-8, que são administrados pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Foram escolhidas as melhores imagens da região de estudo, com taxa menor que 5% de nuvens, com destaque para o recorte temporal de, aproximadamente, dez anos entre o ano central, sendo assim, com imagens de 2001, 2011 e 2020. O mês escolhido foi o de setembro, por ser um mês intermediário das estações do ano que, consequentemente, não abarca influência assídua da precipitação como ocorre no verão ou a carência como no inverno, onde há a presença maior de nuvens na atmosfera.

A etapa de processamento dos dados ocorreu, de forma integral, em software de GIS. Inicialmente, se compreendeu a elaboração da composição de bandas em falsa cor RGB *(Red, Green and Blue),* a fim de obter imagens coloridas a partir de três imagens independentes em padrões de cinza. Essas composições foram obtidas associando três bandas de imagem – 5,4,3 em Landsat-7 e 6,5,4 em Landsat-8 e o procedimento foi realizado a partir da ferramenta *Composite Bands*.

A partir das composições obtidas para os três anos, sucedeu a etapa de análise e classificação de unidades representativas referentes às cores apresentadas no mapa. As cores em verde claro e escuro foram interpretadas como agropasto e formações florestais, as cores rosa e vermelho como área urbana e processos erosivos, enquanto que a cor cinza como afloramentos rochosos. Dessa forma, para classificação da imagem, foram coletadas uma média de cem amostras para cada unidade interpretada, criando uma assinatura para a imagem e um arquivo TIFF já classificado – que foi transformado em *shapefile* a partir da ferramenta do próprio software de GIS. A partir da *shapefile*, foi adicionado um campo na tabela de atributos para a determinação da área de cada unidade, em quilômetros quadrados. Com base nos dados de área obtidos, posteriormente foi possível realizar infográficos com os resultados dos três anos, demonstrando o crescimento ou o decréscimo de cada unidade classificada.

A última etapa de processamento englobou a interpretação dos processos erosivos na região de Sumidouro a partir da utilização do software *Google Earth Pro*, de modo a identificá-los como deslizamentos, voçorocas e outros. Desta forma, polígonos foram demarcados através das imagens de satélite de 2011, devido ao Megadesastre da Região Serrana, onde também foi afetado o município em questão. Posteriormente, o procedimento descrito foi realizado para os anos de 2001 e 2020, entretanto com certas ressalvas devido à falta de dados correspondentes para o mesmo período, sendo assim, com imagens de base em anos como 2004 e 2021, para comparação e avaliação das cicatrizes dentro do recorte temporal abordado – onde o objetivo é observar a crescente ou a estagnação desses processos entre os anos escolhidos para o recorte. Os polígonos delimitados para os três anos foram exportados e incorporados à sua respectiva seção do mapa no Software de GIS.

Em seguida, foram adicionados os *shapefiles* de hidrografia e área urbana do município de Sumidouro, adquiridos no site do IBGE, na escala de 1:25.000 o propósito da utilização desses dados nos mapas é de suma importância para auxiliar a compor a análise. Além disso, a partir da *shapefile* de curvas de nível, também obtidas na mesma plataforma, foi possível, através de ferramentas *Create TIN* obter o Modelo Digital de Elevação (MDE) da região de Sumidouro. O MDE foi disposto a fim de conceber a sensação de relevo para o mapa, facilitando a interpretação das classificações obtidas. À vista disso, foi gerado, em escala de 1:30.000, o resultado final da composição dos mapas de uso de solo, comparativos entre os anos de 2001,

2011 e 2020 na região de Sumidouro.

Com os dados do Censo Demográfico, também foi possível a confecção de alguns mapas para compor a análise sociodemográfica do município de Sumidouro. Sendo assim, no site do IBGE, o banco de dados dos setores censitários é disposto por Estado e composto por duas partes, sendo elas Agregados Setor Censitário, RJ (o Estado do recorte espacial maior) e Setores Censitários, todas as pastas contém subpastas e informações em formato de planilha (.xls) e ShapeFile (.shp). Para a escolha dos dados foram analisadas o arquivo de *Base de Informação do Censo Demográfico de 2010: Resultados do Universo por Setor Censitário*, disponibilizada em .pdf que funciona como um catálogo de todos os dados dispostos em planilhas. Com isso, a planilha selecionada para trabalhar foi a *"Domicílio01_RJ"* e a *"Básico_RJ"*, que atende os dados básicos do município de infraestrutura urbana do município.

Para trabalhar os dados foi necessário realizar um recorte na planilha correspondente aos dados do Município em questão, em seguida a seleção dos dados estatísticos que mais interessavam para a pesquisa. Neste caso, os dados selecionados para trabalhar referentes a planilha Domicílio01_RJ foram: V012 *Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral* e a V017 *Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial.* Já quanto aos dados referentes a planilha Básico_RJ, o recorte dos dados foi o mesmo e a variável em questão para trabalhar foi a V005 *Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento).* Com isso, tem-se os dados referentes ao abastecimento de água, esgotamento sanitário e renda.

Após a seleção dos dados descritos acima, foram necessárias algumas modificações para posteriormente espacializar os dados. A primeira das modificações foi criar uma fórmula de porcentagem para todos os valores tendo como base os dados totais de domicílios que constava em cada planilha utilizada. Já a segunda alteração foi incluir ao final da tabela a coluna "GeoCódigo", onde executou-se uma fórmula em formato texto, para que o arquivo fosse legível quando utilizada no Software de GIS, ao realizar o comando *Join* com a coluna nomeada igual na tabela de atributos do arquivo *shapefille*.

No Software de GIS, dentro do *shapefille* correspondente aos setores censitários do município de Sumidouro, obtido no site do IBGE, através da ferramenta *Merge* foram agrupados os dados que correspondiam aos distritos da região estudada. Sendo assim, foi gerado um novo dado para facilitar a abordagem dos dados, constando quatro distritos, sendo: Sumidouro (ou Sede), Soledade, Dona Mariana e Campinas.

Para gerar resultados de renda, esgotamento sanitário e abastecimento de água por rede pluvial, os dados foram trabalhados na aba *Symbologies,* que se encontra nas propriedades do arquivo com as divisões censitárias, posteriormente, para cada mapa os dados foram refinados em *Unique Values* correspondente a *Categories,* para todos os mapas. Os dados foram agrupados em cinco classificações referentes a 20% em cada uma. Todos os mapas encontram-se projetados na escala 1:30.000, a fim de recobrir todo o município pesquisado, uma vez que os dados correspondentes utilizados estão todos na escala de 1:25.000.

4. Resultados e discussões

Com base nas análises realizadas observa-se que o município possui relevo acidentado com pouca vegetação e com sua principal fonte de renda de Sumidouro é a agropecuária. Apresenta uma transformação de solos férteis em solos pobres de nutrientes e, consequentemente, geram instabilidade para a encosta. Há redução

da infiltração e percolação da água nos solos, causando a intensificação do escoamento superficial, que associado com a ausência de serviços básicos aumenta a vulnerabilidade socioambiental e intensifica os processos erosivos.

4.1. Análise do Uso do Solo do Município de Sumidouro

A partir do mapeamento foi possível identificar que a localização de ocorrência dos processos erosivos próximos às áreas classificadas como agropasto. Isso demonstra que a atividade agrícola do município gera grande influência na degradação da paisagem, onde comumente são deflagrados tais processos (Figura 2). Estes processos erosivos ocorrem, devido ao impacto do pisoteio do gado, à ação antrópica na forma de plantio que engloba a constante retirada da vegetação arbórea e de solo com nutrientes, resultando na maior propensão à percolação da água por meio da infiltração e à enxurrada.

Outro fator importante é a ampliação das formações florestais, (classificada como verde escuro na legenda). Observando o ano de 2001, essa classificação encontra-se mais esparsa, enquanto em 2020, a mesma encontra-se mais dominante na área central do município. Vale ressaltar também que essas áreas estão próximas às classificações dos afloramentos rochosos, o que, de certa forma, inviabiliza o cultivo de alimentos pela ausência do desenvolvimento de solo e implementação de atividades pecuárias. Dentro do recorte temporal de 2011, os processos erosivos foram mapeados e correlacionados às consequências do Megadesastre que ocorreu na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, em janeiro de 2011. Os distritos mais afetados foram Campinas e Dona Mariana, por estarem localizados em maior precipitação extrema (Figura 2).

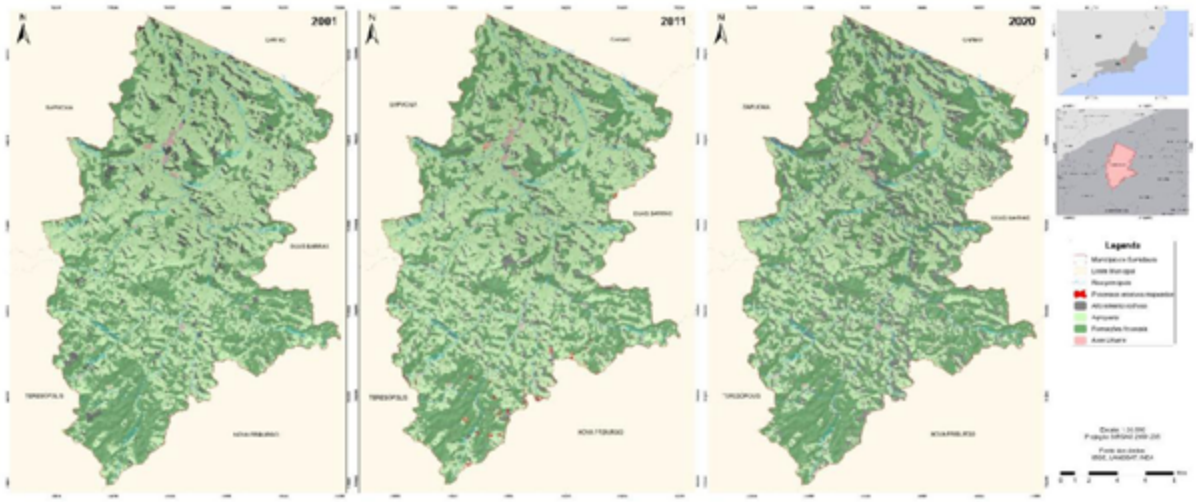


Figura 2: Mapa do uso e cobertura do solo do Município de Sumidouro dentro do recorte temporal de 2001, 2011 e 2021.
Fonte: Autores, 2021.

Além dos dados espacializados no software de GIS, os resultados de cada unidade classificada foram exportados para confeccionar gráficos entre os três anos em destaque (Figura 3). Dentro do comparativo estatístico, percebe-se que a formação florestal teve uma perda entre os anos de 2001 para 2011 de (2%) e um ganho de 2011 para 2020 de (3%). Entretanto, os dados foram produzidos de forma automática pelo próprio Software de GIS, de acordo com a interpretação de *pixels* da imagem de satélite escolhida. Portanto, entende-se que a classificação "Formações Florestais" pode considerar o agrupamento de florestas terciárias e secundárias, formações pioneiras e arbóreas.

Por fim, o agropasto teve uma perda na dominância do município onde, atualmente, possui um percentual de 46%, quando a comparativa anterior representava seus significativos 58% e 57%, em 2011 e 2001 respectivamente (Figura 3). Entretanto, pode-se contrapor que, por mais que a economia local seja voltada para essa porção, grande parte da população agricultora tenha acompanhado as modificações de plantio passando a utilizar outros meios que degradam menos o solo, como a hidropônica.

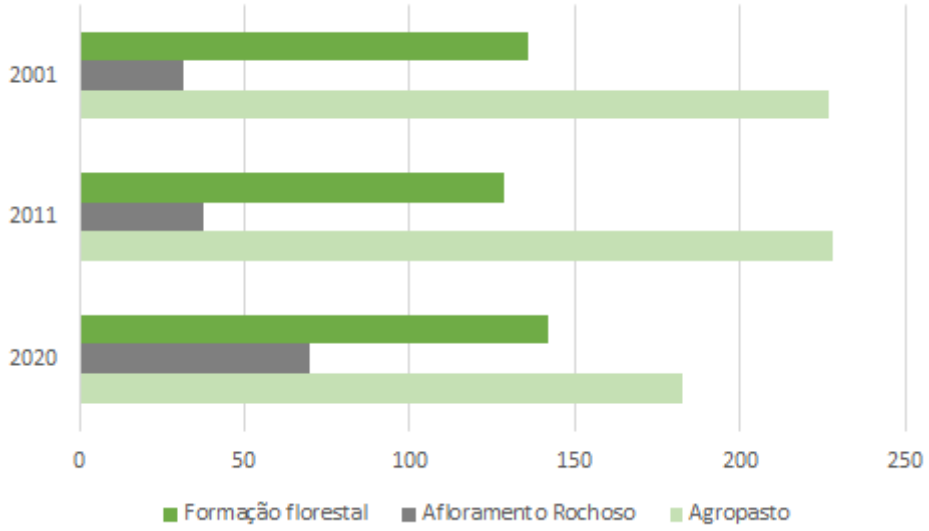


Figura 3: Gráfico comparativo da evolução do uso do solo, dentro do recorte temporal de 2001 a 2020.
Fonte: Os autores, 2021.

Na figura 4 podemos observar o comparativo significativo da recuperação do ambiente em relação às feições erosivas mapeadas no período de 2011. No primeiro quadro, a demarcação em vermelho demonstra ao menos 3 feições erosivas, enquanto em 2021 o mesmo polígono demarcado apresenta a área em processo de recuperação com a vegetação arbórea secundária, ao passo que ao redor do polígono apresenta a vegetação arbórea pioneira (Figura 4).



Figura 4: Processos erosivos mapeados, comparativo entre os anos de 2011 e 2021.
Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelos autores 2021.

Além disso, vale ressaltar que é possível observar que em 2011, a atividade agrícola está bem demarcada, enquanto a mesma área, em 2021, possui novas demarcações devido á rotação de culturas, que inclui algumas demarcações do solo utilizadas, enquanto outras encontram-se em repouso, para recuperação dos nutrientes.

Dessa maneira, o mapa de uso de solo nos possibilita mensurar os locais de cultivo, áreas florestadas e trechos urbanos, de modo a elucidar as dinâmicas socioambientais (BONNET, 2008), mostrando grande relevância para trabalhos ambientais. Muitos autores como Neto (2001); Brito (2005) e Bonnet (2008) utilizaram esse método em suas pesquisas para investigar possíveis relações entre qualidade da água e uso de solo, como também analisar as transformações ocorridas no uso do solo ao longo do tempo.

Os usos variam espacialmente e temporariamente, principalmente quando ás ações antrópicas e á resposta do ambiente frente ás dinâmicas de transformação. Assim, as áreas correspondentes a cada classificação possibilitam a identificação, a análise e monitoramento dos processos erosivos ao longo dos anos. Dessa forma é notório que a retirada da vegetação, o manuseio do solo pelas atividades agrícolas e a degradação por parte das ações antropogênicas remodelam o material superficial, a ponto de expor as camadas superficiais do solo tornando-as vulneráveis aos processos de intemperismo e erosão (GUERRA, 2005).

4.2. Análise dos Dados Censitários de Sumidouro

As análises demográficas permitiram entender que a distribuição de renda do município ocorre de forma uniforme, com exceção do distrito Dona Mariana que apresentou 40% de sua parte com a distribuição majoritária comparada aos demais, devido a essa região possuir grande parte das confecções de roupa íntima do município. Outra pequena porção do distrito de Sumidouro, localizada na parte central do município, apresentou também duas parcelas com a presença do maior valor do rendimento nominal médio das pessoas responsáveis, pois é nessa área onde há maior parte da malha urbana de Sumidouro.

Em contrapartida, os dados analisados referentes ao abastecimento de água da rede geral por domicílios particulares permanentes se mostrou mais assíduo no distrito Sede. Grande parte do Município não recebe esse recurso assistencial, sendo evidenciado no máximo 20%, o que pode demonstrar outra fonte de obtenção por poços artesianos, abastecimento de água de chuva ou cisternas.

Por fim, os dados analisados foram referentes ao esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial, onde 70% do município não possui esse recurso, 20% encontra-se na categoria de 1 a 20% distribuídos proporcional aos distritos do município enquanto apenas 9% dos setores censitários possuem o serviço na categoria entre 61 a 80%. O 1º restante, refere-se a parcela que mais se aproxima ao 100% (Figura 5). Vale ressaltar que essa análise torna-se fundamental, pois o descarte inadequado do esgoto acaba degradando o solo, os corpos hídricos e causando problemas ao ambiente e a vida humana.

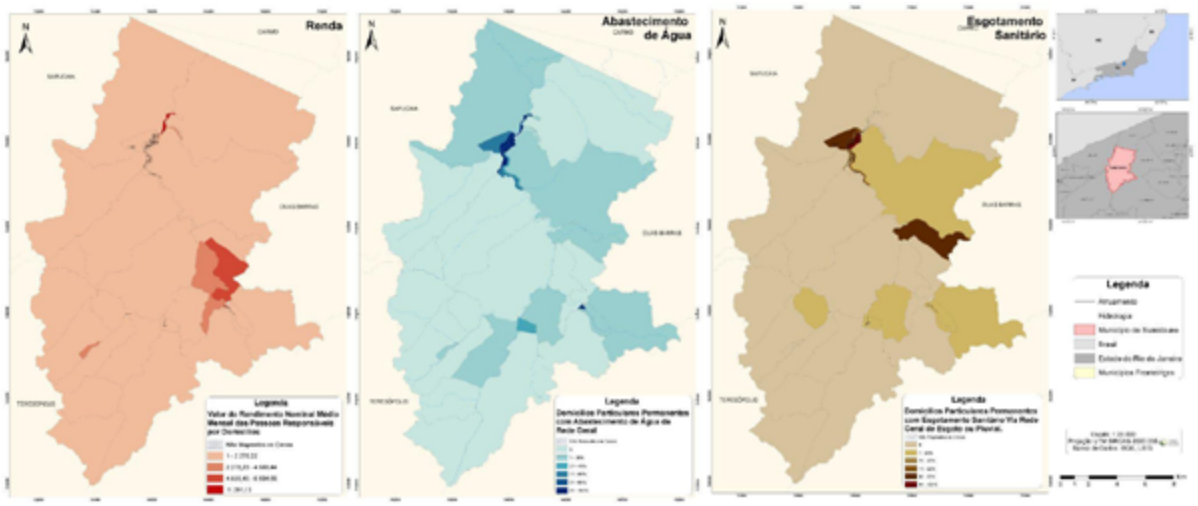


Figura 5: Mapa correspondente aos dados de renda, abastecimento de água e esgotamento sanitário com base nos dados do Censo do IBGE.
Fonte: IBGE (2010), adaptado pelos autores, 2021.

Os dados censitários são de suma importância, pois, fornecem um retrato detalhado de vários aspectos da situação que se encontra o município e também sobre a população como saúde, educação, qualidade de vida, renda e situações ambientais. De modo a identificar a distribuição do acesso dos serviços dentro das localidades municipais, bem como avaliar as mudanças ocorridas, comparar dados e entender a evolução dos indicadores sociais (JANUZZI, 2018). Devido a sua importância são constantemente utilizados em pesquisas e estudos como suporte aos dados ambientais, de modo a compreender a situação socioeconômica, essas informações auxiliam no planejamento e definição de políticas públicas (AZEVEDO, 2005), principalmente quando há ausência de serviços básicos como abastecimento de água e esgotamento sanitário, como apontam os dados da pesquisa.

5. Conclusão

A partir das análises realizadas conclui-se que as atividades agropastoris vem causando mudanças no uso do solo do município de Sumidouro. Nota-se o acréscimo das áreas verdes, principalmente na região central, decorrente da diversificação da economia como isso a produção agrícola ficou mais restritiva aos distritos limítrofes ao centro da cidade. A agricultura convencional e de subsistência está sendo substituída por uma produção modernizada, com a implementação de plantações em estufas hidropônicas que, de certa forma, diminuem a incidência agropastoril. A hidroponia causa menores impactos ambientais, entretanto há o maior desperdício de água necessitando de mais insumos e fertilizantes, podendo ocasionar erosão, poluição dos solos e dos corpos hídricos.

Para que o solo da região possa se recuperar do desgaste causado ao longo do tempo, alternativas mais sustentáveis precisam ser mais difundidas no município para que as áreas verdes da região possam ser mantidas. As áreas naturais oferecem inúmeros serviços ambientais, como fornecimento de água potável, filtragem de poluentes, regulagem do clima, oferecendo, assim, uma melhor qualidade socioambiental. É de suma importância que seja elaborado o planejamento eficaz para que a população obtenha fonte de renda mais sustentável com menos impactos dos solos, e também para que a sociedade receba atenção para medidas de prevenção, principalmente aos eventos extremos. Com

relação ao abastecimento de água e infraestrutura sanitária é preciso tomar iniciativas de base, pois o município não possui tratamento de esgoto na zona rural, além de grande parte da população possuir recursos próprios para a captação de água. Logo, todo indivíduo tem direito a água potável e de qualidade, entretanto cabe às autoridades municipais disponibilizarem esse serviço à população, além do saneamento básico eficaz.

Agradecimentos

Agradecemos ao Laboratório Interdisciplinar de Estudos Geoambientais LIEG/UFRJ pela concessão da infraestrutura, além do CNPQ e Faperj pelo fomento científico. Como também, ao CPRM e IBGE pela disponibilização de seus acervos textuais e dados para que fosse possível a cessão das análises realizadas.

Referências

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. **Origem e evolução da Serra do Mar.** Revista Brasileira de Geociências, v. 28, n. 2, p. 135-150. 1998.

AVELAR, A. S. **Iniciação e Desenvolvimento de Fluxos Detríticos em Encostas: Ensaios Triaxiais de Choque e em Caixa Experimental abordando o Caso de Soberbo (RJ). Rio de Janeiro (RJ)**: COPPE-UFRR, 2003.

AZEVEDO, J. **Proposta metodológica para análise de dados socioeconômicos e ambientais para planejamento e definição de políticas públicas.** Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro - RJ, 2005.

BERNSTEIN, P.L. **Desafio aos deuses: a fascinante história do risco.** Editora Campos, 1997.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis.** Editora UFSC, 2003.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Estatuto da cidade (2001). DF: Senado Federal: Presidência da república, 2001.

BRITO, J.L.S; PRUDENTE, T.D. **Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens ETM +/ LANDSET 7**. Sociedade & Natureza, Universidade Federal de Uberlândia Uberlândia - MG: 2005.

BONNET, B.R.P. **Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: Uma análise à escala da Bacia Hidrográfica**. R. Árvore, Viçosa-MG, 2008.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: Uma introdução à Geografia física.** Porto Alegre (BH): Bookman, 7ª edição, 2012.

CHEROBIN, S.F. **Estimativa de erosão e sua relação com os diferentes mecanismos erosivos atuantes: estudo da voçoroca.** Vila Alegre – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais. 2012

Estudos Socioeconômicos dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro 2011 – Sumidouro. Disponível em: http://www.cedca.rj.gov.br/pdf/Sumidouro.pdf. Acesso em 02 de abril de 2019.

DANTAS, M. E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. Companhia de Pesquisa de Recursos Mineirais (CPRM), Rio de Janeiro, relatório e mapa, 63 p. 2000.

GUERRA, S.M; SYLVESTRE, L.S. **Aspectos florísticos e econômicos das pteridófitas de um afloramento rochoso do Estado do Rio de Janeiro.** UERJ. 2006.

GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Censo Agropecuário 2006: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. ISSN 0103-6157. Rio de Janeiro, p.1-777, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em 17 de maio de 2021.

JANNUZZI, P.M. **A importância de informações estatísticas para as políticas sociais no Brasil: breve reflexão sobre a experiência do passado para considerar o presente.** Ponto de Vista, Belo Horizonte, 2018.

MOREIRA, R. **Agricultura Familiar, processos sociais e competitividade.** São Paulo (SP): Mauad Editora Ltda, 1999.

NETO, C.L.M; RAMOS, F. R. **Análise temporal (2008 - 2018) do uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego Barreiro, no município de Uberaba (Minas Gerais).** Revista brasileira de sensoriamento remoto, 2021.

PANACHUKI, E; SOBRINHO, T.A; VITORINO, A.C.T; CARVALHO, D.F; URCHEI, M. A. **Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agrícola-pecuária.** Mato Grosso do Sul: UFMS, 2005.

Plano Nacional de Saneamento no Município de Sumidouro. Disponível em:http://comitepiabanha.org.br/caracterizacao--municipal/sumidouro.pdf. Acesso em 02 de abril de 2021.

POESEN, J; NACHTERGAELE, J; VERSTRAETEN, G; VALENTIN, C. **Erosão de voçorocas e mudanças ambientais: importância e necessidade de pesquisa**. Catena, 2003.

SILVA, G; SOUSA, A. S. **Estudo da viabilidade da produção de água a partir do resfriamento do ar.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. UNIFESP: 2009.

SILVA, A.R. SANTANA. M.D. PASCOAL, N.L. **Urbanização desordenada: consequências socioambientais na Bacia Hidrográfica do Paracuri II, Distrito de Icoaraci - PA.** Revista do instituto histórico e geográfico do Pará. Belém:2016.

SELBY, M. J. **Estimativa de erosão e sua relação com os diferentes mecanismos erosivos atuantes: estudo da voçoroca.** 1993. Vila Alegre – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais.

VEYRET, Y. (Org.) **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente.** São Paulo: Contexto, 2007.

PROPOSTA METODOLÓGICA SIMPLIFICADA PARA MAPEAMENTO GEOTÉCNICO EM ESCALA REGIONAL PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Giselle Ferreira Borges
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária – CEP 21.941-916
E-mail: giborgesgeouff@gmail.com
Julia Ribeiro Vieira
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária – CEP 21.941-916
E-mail: julia1602.vieira@gmail.com
Mateus da Silva Ferreira
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária – CEP 21.941-916
E-mail: mateusferreira@ufrj.br
Andre de Souza Avelar
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária – CEP 21.941-916
E-mail: andreavelar@acd.ufr

Resumo

Os mapeamentos geotécnicos têm como proposta prever e alertar sobre riscos naturais e induzidos. Essa forma de análise vem ganhando destaque para a realização de estudos ambientais em pesquisas que utilizam diferentes escalas espaciais. A bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul é de extrema importância para o sudeste brasileiro, porém, apresenta problemas, caracterizando áreas de vulnerabilidade. Para compreender a gravidade desta problemática, foi desenvolvido um mapeamento geotécnico de escala regional 1:250.000. Analisando as feições a partir da topografia e das formas de relevo, foram identificadas três categorias: solos espessos, solos rasos e depósitos fluviais. Dentro da bacia, as duas primeiras categorias ocupam grande extensão, a última, se localiza próximo aos canais de drenagem e maior entalhamento do relevo, ou seja, áreas de pouca declividade. Portanto o mapeamento auxilia na identificação de áreas mais propícias aos movimentos de massa e inundações.

Palavras-chave: Topografia, Bacia Hidrográfica, Análise Regional, Ações Antrópicas, Processos Erosivos..

1. Introdução

Inicialmente, o mapeamento geotécnico tinha como finalidade fornecer uma representação dos componentes geológicos de uma área mapeada para planejamento do uso do solo, em projetos e construções relacionadas à engenharia (UNESCO-IAEG, 1976). No Brasil, essas metodologias utilizadas para desenvolver mapas geológicos são adotadas a partir de 1907, com o avanço das pesquisas, passam a ser incorporadas em outros ramos da ciência, sendo utilizadas para tentar compreender e mensurar o comportamento dos ambientes (HIGASHI, 2002).

Segundo Zuquette e Nakazawa (1998) o mapeamento geotécnico evoluiu a partir da integração de vários procedimentos. O surgimento de novas técnicas de confecção de mapas ajuda no enriquecimento do seu conteúdo e representação. Dessa maneira, o mapeamento para análises ambientais vem ganhando destaque em estudos com diferentes escalas.

Os mapeamentos geotécnicos têm como objetivo indicar o melhor uso e ocupação do território, proteger os recursos naturais, prever e alertar contra riscos naturais e induzidos. Logo, auxiliam no diagnóstico como prevenção de situações de risco, muito comuns em climas tropicais, quando há precipitações elevadas.

De acordo com autores que trabalharam com o mapeamento geotécnico Amaral e Lara (1998), Valente (1999), Bastos *et al.* (1998, 2007), Pellerin *et al.* (2010) Reginatto (2013), Christ (2015), Thiesen (2016), os mapeamentos se restringem a um nível de generalização, pois utilizam um conjunto de elementos para sua elaboração e diagnóstico.

Grande parte dos mapeamentos geotécnicos se restringem a estudos em escalas regionais (inferiores a 1:10.000), os de média escala ficam entre 1:100.000 e 1:1000 e os de grande escala (locais) são os superiores a 1:10.000, podendo chegar em escala de detalhe 1:5.000 a 1:1000. Em estudos regionais, a generalização é necessária para indicar possíveis áreas vulneráveis, devido às condições naturais, que podem ser alteradas ou intensificadas por ações antrópicas.

Logo, além dos dados inerentes à natureza de um mapa geotécnico, também são incluídos dados relativos à natureza, como forma, estrutura, vulnerabilidade, características e propriedades do solo e subsolo de um determinado local, para avaliar seu comportamento, bem como prever prováveis problemas (Vallejo *et al.,* 2002).

O histórico da bacia do rio Paraíba do Sul é marcado, principalmente, pelo desenvolvimento de atividades como a cafeicultura, o plantio de cana de açúcar e, mais recentemente, a pecuária. O uso e manejo inadequado do solo e a devastação da mata nativa geraram efeitos negativos para a região. Esse longo período de degradação da área, acabou por alterar as dinâmicas de energia existentes nos geossistemas atuantes na bacia.

Nos meses de verão principalmente, quando ocorre maior intensidade de precipitação, as áreas que englobam a bacia sofrem com a intensificação de processos como o transbordamento dos canais fluviais, alagamento, movimentos de massa, etc.

O aumento da quantidade de sedimentos nos rios, devido às modificações paisagísticas e ao aumento das feições erosivas, como também o despejo de lixo e a modificação dos cursos dos canais e a ausência de mata ciliar, acabam por causar danos sociais e econômicos para a população e para os municípios.

Outro problema relevante é a qualidade da água dos rios da bacia. Dos três estados que têm parte de seus territórios pertencentes à área da bacia, todos têm percentuais consideráveis de esgoto não tratado. De acordo com dados disponíveis, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais possuem índices de atendimento em relação ao esgoto coletado e tratado de 42,25%, 64,45% e 43,73% respectivamente (ANA, 2017).

Em grande parte da bacia observa-se diversas feições erosivas, construções em área de risco, deslizamentos de massa, grande aporte de sedimentos e alto grau de poluição em determinados rios. Por outro lado, existem áreas dentro da bacia que estão conservadas, mas que se comparadas com as áreas que apresentam graus de degradação, perdem-se em comparação percentual.

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, é uma região de grande importância para o sudeste brasileiro, principalmente por ser uma das regiões que abriga tal riqueza hídrica. A bacia é um dos pilares para a realização de atividades econômicas, sociais e ambientais. Suas águas são utilizadas nas indústrias, agricultura e pecuária. Outra função da bacia é fornecer água para o consumo da maior parte da população do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo e também contribuir para geração de energia elétrica.

A degradação histórica que a bacia sofreu e a intensificação associada às atuais mudanças paisagísticas oriundas de intervenções de cunho social, econômico, político para ampliação do processo de urbanização, a bacia se torna vulnerável aos efeitos das mudanças urbanas. Dessa forma, a bacia vem sofrendo inúmeras intervenções de caráter antrópico, podemos mencionar a mudança da foz que anteriormente ficava localizada somente em São João da Barra, hoje se desloca para Gargaú. Logo, essas modificações alteram toda a dinâmica da bacia.

O objetivo deste trabalho é identificar áreas de vulnerabilidade através da realização de um mapeamento geotécnico realizar mapeamento geotécnico simplificado em escala regional (1:250.000), baseando-se na topografia e nas formas geomorfológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. Desta forma, é possível caracterizar e visualizar melhor todos os aspectos que acarretam risco para a população habitante da área, principalmente onde há maior concentração de pessoas.

2. Área de Estudo

Segundo a Agência Nacional de Águas, a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul possui aproximadamente 55.500 km², englobando parte dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo (Figura 1). Dados coletados pelo Censo 2000, realizado pelo IBGE, apontam um número de 4.922.779 habitantes de áreas urbanas inseridos na bacia. Estima-se que essa população chegará ao número de 6.011.747 habitantes no ano de 2020 (ANA, 2001).

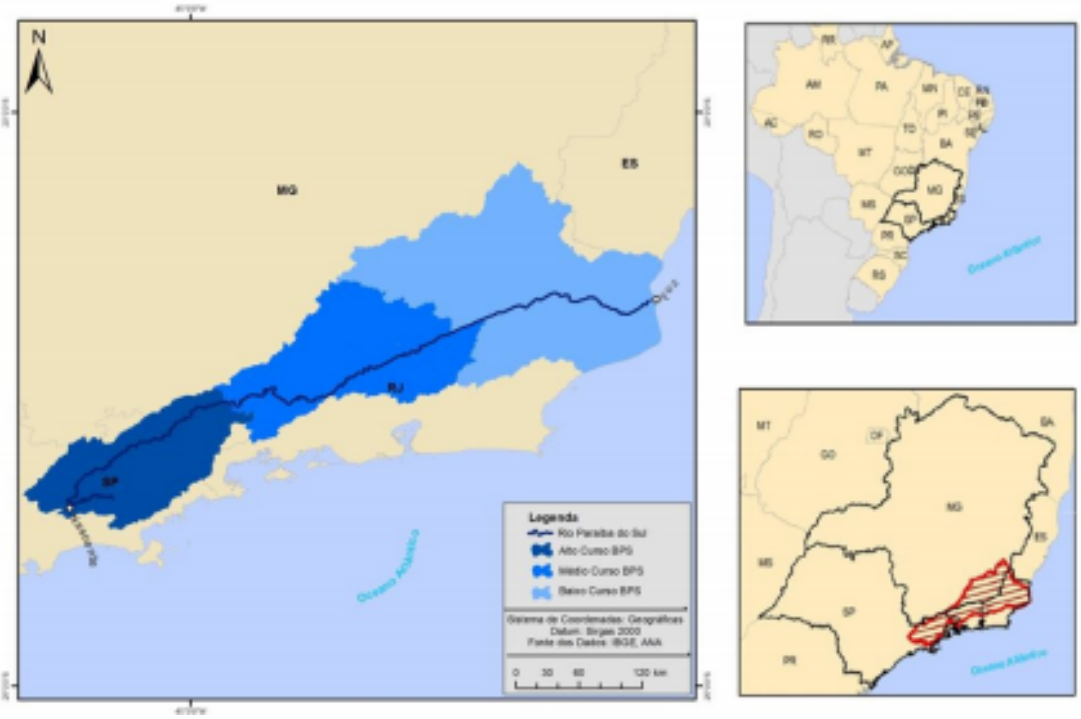


FIGURA 1: Mapa de localização da Bacia do Paraíba do Sul.

Fonte: Autores.

O principal rio da bacia, o Rio Paraíba do Sul, possui cerca de 1.100 km de extensão (ANA, 2020), seu vale se localiza no gráben entre as Serras do Mar e da Mantiqueira. Ao longo de seu percurso e de seus afluentes, o relevo da paisagem varia de colinoso a montanhoso e algumas áreas de planície, como, por exemplo, as bacias sedimentares de Taubaté e Resende e o seu delta.

A bacia se divide em quatro partes principais, de acordo com o seu curso. A área pertencente ao curso superior, é marcada pela presença de fortes declives; a área pertencente ao curso médio superior, possui meandros e zonas sedimentares; a área do curso médio inferior, é marcada por trechos de vale rochoso e a presença de cachoeiras. Por fim, a área de curso inferior, possui grande extensão de planície litorânea (ANA, 2001).

Dentre os principais afluentes do Rio Paraíba do Sul, estão rios como, Paraibuna, Piabanha, Muriaé, Pomba, Dois Rios, etc. De acordo com o Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), a gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul é de competência dos chamados "organismos de bacia", esses, buscam atuar de forma democrática, dando abertura para a participação da população e pesquisadores.

Estão presentes na Bacia do Rio Paraíba do Sul, os organismos em forma de, principalmente, comitês, totalizando sete. São eles: Comitê da Bacia da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul; Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha; Comitê de Bacia da Região Hidrográfica do Rio Dois Rios; Comitê de Bacia da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana; Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul; Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé.

Por ser uma área que sofreu um processo intenso de retirada de sua vegetação nativa, de acordo com dados disponíveis (COPPETEC, 2001), a cobertura de Mata Atlântica corresponde, atualmente, somente a 11% do total de hectares da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. O bioma é encontrado principalmente em forma do conjunto de Floresta Ombrófila (7,3%) e Floresta Estacional (3,5%).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, as medidas para a preservação da vegetação original avançaram nos últimos anos, sendo de responsabilidade das esferas governamentais federais, estaduais e municipais, e também da esfera privada. É possível identificar que as áreas que apresentam melhor estado de conservação estão localizadas dentro do perímetro de unidade de conservação ou próximas a ele.

A maior parte da bacia abriga extensas áreas de campo e pastagem, o que corresponde a 67,4% dos hectares utilizados para a prática de pecuária extensiva. Majoritariamente, apresentam feições erosivas, o que indica degradação de nível moderado a intenso do solo. Devido aos longos anos de monocultura, manejo inadequado do solo, desmatamento, prática de queimadas e pisoteio do gado, a bacia do Rio Paraíba do Sul, que já foi uma região de alto rendimento em relação a produção agrícola, hoje tem apenas 2,8% de seus hectares destinados à atividade (COPPETEC, 2001). A bacia também abriga diversas indústrias, dentre elas, metalúrgicas e químicas.

Outra atividade que vem crescendo não só na bacia do Paraíba do Sul, mas em diversas regiões do país, é a silvicultura. Do valor total da produção florestal no Brasil no ano de 2017 (R$19,1 bilhões), R$14,8 bilhões são provenientes da silvicultura. Esse valor representa um crescimento de 5% em relação ao ano de 2016. O tamanho da área ocupada por eucalipto chega a 7,4 milhões de hectares (IBGE, 2017).

3. Metodologia

Inicialmente as metodologias para estudos geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos utilizam um conjunto de elementos para a realização do mapeamento. Em muitos casos, os trabalhos se referem a escalas locais e de grande detalhe, porém, quando há necessidade de estudos em escala regional, essas metodologias propostas se tornam complexas.

De acordo com Ribeiro *et al.* (2016), foram desenvolvidos mapas de predição da classificação da AASHTO para a RMF a partir de dados geotécnicos pré-existentes. Para possibilitar a confecção de mapas com essa informação se faz necessária a adoção de ferramentas e funções de Geoprocessamento. Logo, é possível adaptar as metodologias existentes, a fim de entender a dinâmica do espaço geográfico analisado.

Para a pesquisa, o método se baseia na utilização das feições da topografia do relevo, em que é possível identificar a espessura do solo a partir da forma da encosta, por sua altimetria e geomorfologia. Logo, se baseia na topografia da área estudada, em que há a identificação das encostas côncavas e convexas, para identificação dos tipos de solos presentes com o viés geotécnico, não pedológico em recorte de Bacia Hidrográfica.

Para realização do estudo aplicado, foi desenvolvido uma metodologia de mapeamento geotécnico em escala regional 1:250.000, da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, considerando os aspectos fisiológicos da paisagem, como a geomorfologia, os geossistemas atuantes e a topografia. Com o intuito de identificar os tipos de solos associados com altimetria do relevo, sendo possível reconhecer possíveis áreas de maior vulnerabilidade com o aumento da intensidade e durabilidade da precipitação.

Foi utilizado um software de mapeamento com uma classificação automática para identificar as formas das encostas. Após esse processo inicial, foi feita uma triagem utilizando o Google Earth, para confirmação das feições identificadas. A definição das classes ocorrem em encostas convexas por ter maior grau de inclinação, os solos são considerados rasos, enquanto encostas côncavas os solos possuem uma espessura maior. Enquanto em áreas próximas aos canais de drenagem e menor amplitude do relevo, podemos observar os depósitos fluviais, bem adaptados às inundações dos rios.

Identificou-se três classes de espessuras solos sendo eles: espessos, rasos e fluviais. Associada a análise de características físicas houve a compilação das áreas urbanas com dados do IBGE de 2005 e 2015 sobrepostas para compreensão da dimensão da vulnerabilidade.

O intuito de uma caracterização geral da bacia é para identificação de ambientes mais favoráveis à ocorrência dos movimentos de massa e inundações. Incorporado ao trabalho em gabinete foram realizados trabalhos de campo desde alto ao baixo curso da Bacia, identificando as áreas vulneráveis dentro da bacia, ou seja, validando dados.

4. Resultados e Discussão

Devido à grande dimensão da bacia do Rio Paraíba do Sul, estudos de caráter generalista são importantes para compreensão das dinâmicas atuantes na área, essa questão foi crucial para a elaboração do mapeamento em escala regional.

É importante salientar que a área é constituída por abrange três estados com atividades industriais e agropecuárias, e é próximo às localidades onde se desenvolvem essas atividades que a população se concentra. Sabe-se que pelo processo histórico e de ocupação, grande parte das áreas florestadas de Mata Atlântica foram desmatadas ao longo dos ciclos do café, cana, pasto e atuação industrial e desenvolvimento urbano.

Estudos como ANA, 2001; Bernstein, *et al.,* 2014; Andrade *et al.,* 2015; Morais *et al*. 2016; Motta *et al*. 2018, comprovam o quanto a bacia foi degradada ao longo dos anos, devido à exploração dos seus solos derivados do declínio dos ciclos econômicos. Dessa forma, os solos passaram a ser expostos, compactados, sem cobertura vegetal, com aumento dos processos erosivos e pavimentação associada ao processo de urbanização. As áreas preservadas da bacia estão associadas às UC's, APA, REBIo, entre outras, o êxodo rural com o abandono dos pastos com o aparecimento de capoeira ou mata secundária inicial.

4.1 Análise do Mapeamento Geotécnico

Ao longo de toda bacia os solos podem possuir características dos seus materiais originários, ou seja, das rochas básicas de sua formação, as quais também podem ser bem diferenciadas. A partir da metodologia desenvolvida, o produto gerado no mapeamento geotécnico simplificado identifica-se três classes de solos com viés geotécnico são: os solos rasos, solos espessos e depósitos fluviais. Na Figura 2 é possível observar a distribuição espacial dessas tipologias de solos na Bacia do Paraíba do Sul.

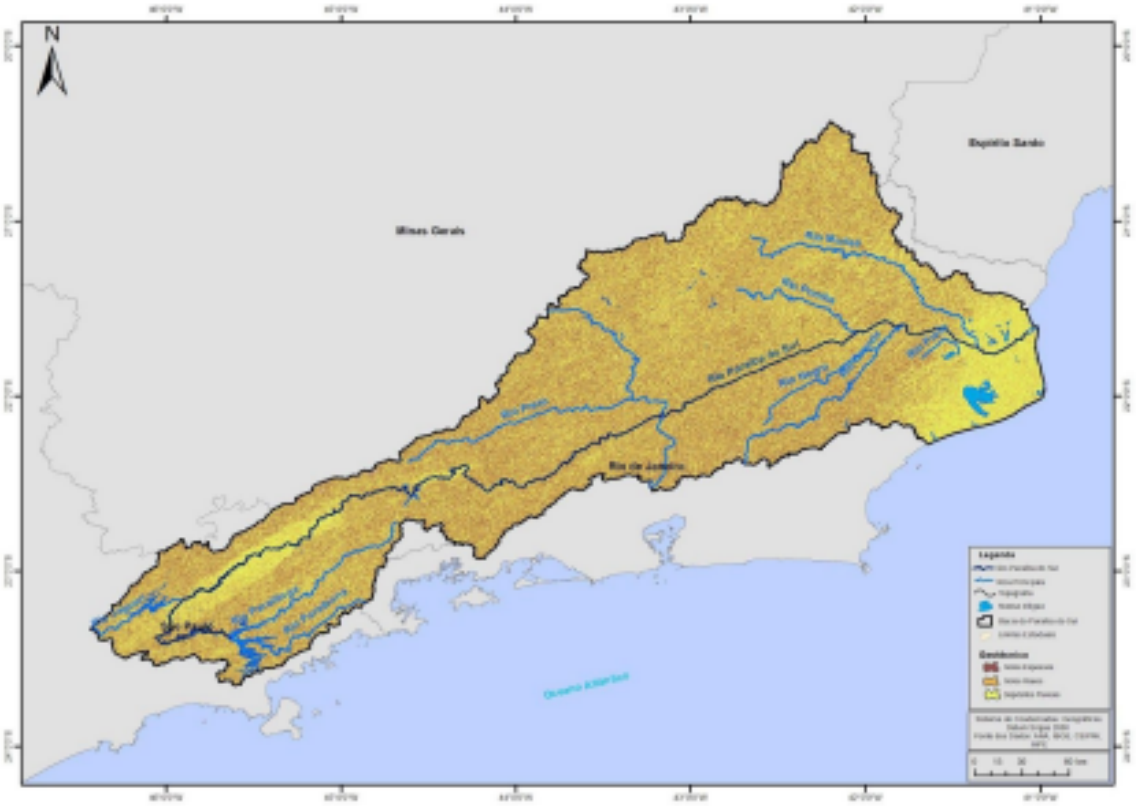


FIGURA 2: Mapeamento geotécnico da Bacia do Paraíba do Sul.
Fonte: Os autores.

A espessura do solo desenvolvido varia conforme os ciclos de deposição/não deposição em determinado local. Para Kraus (1992) e Wright (1992), solos pouco espessos indicam ciclo curto, enquanto perfis muito espessos e mais desenvolvidos indicam grandes hiatos deposicionais. Assim, estão baseados em fatores locais que possuem ações de mudanças climáticas globais, atividades tectônicas e antropogênicas.

Todavia os solos rasos estão associados com relevos de grandes desníveis e com topografia elevada dificultando a formação em profundidade do solo. Dessa forma, ele indica que a camada rochosa está bem próxima da superfície do solo, tornam-se difíceis para qualquer drenagem e chega a impedir que as raízes das plantas explorem o solo em profundeza.

Os solos rasos podem apresentar problemas para o uso agrícola pois eles possuem em sua composição maior abundância de fragmentos grosseiros de material rochoso que ainda não sofreu intemperismo. Em função dessa restrição, eles exibem baixa capacidade de armazenar água provinda da chuva. Nesse sentido, eles tendem a ter um decréscimo acentuado na capacidade de infiltração devido ao encharcamento e, logo em seguida há a formação de escoamento superficial que é o grande responsável pela erosão dos solos (CHAMBERS, 1948).

O cenário exemplar é que esses solos fossem protegidos por florestas que exercem proteção aos impactos da chuva, aumentando a taxa de infiltração, diminuindo o escoamento superficial e retirada de nutrientes do solo. Vale destacar que os solos rasos são altamente suscetíveis aos processos erosivos.

Ao longo de toda a bacia, é possível perceber diversas áreas em estado precário de conservação, com a ausência de vegetação e presença de diversos tipos de movimentos de massa e feições erosivas, tanto em zonas rurais como em zonas urbanas. Também é perceptível a ausência dos horizontes O e A em diversos solos, o que configura áreas que sofrem erosão acentuada.

Os solos espessos ocorrem em áreas mais côncavas do relevo, pois elas ocasionam maior acúmulo de água favorecendo o seu desenvolvimento. Dessa maneira, a camada rochosa torna-se bastante profunda, permitindo assim que as raízes venham a explorar as camadas. Essas feições estão relacionadas em sua maioria aos fundos de vale. Logo, podem ser considerados solos que possuem boa permeabilidade à água, ou seja, promovem infiltração quando há precipitação ou outra forma de água presente. Em determinados pontos dos fundos de vale, próximos a corpos d'água, a saturação do solo atinge nível máximo, havendo assim a presença também de solos hidromórficos.

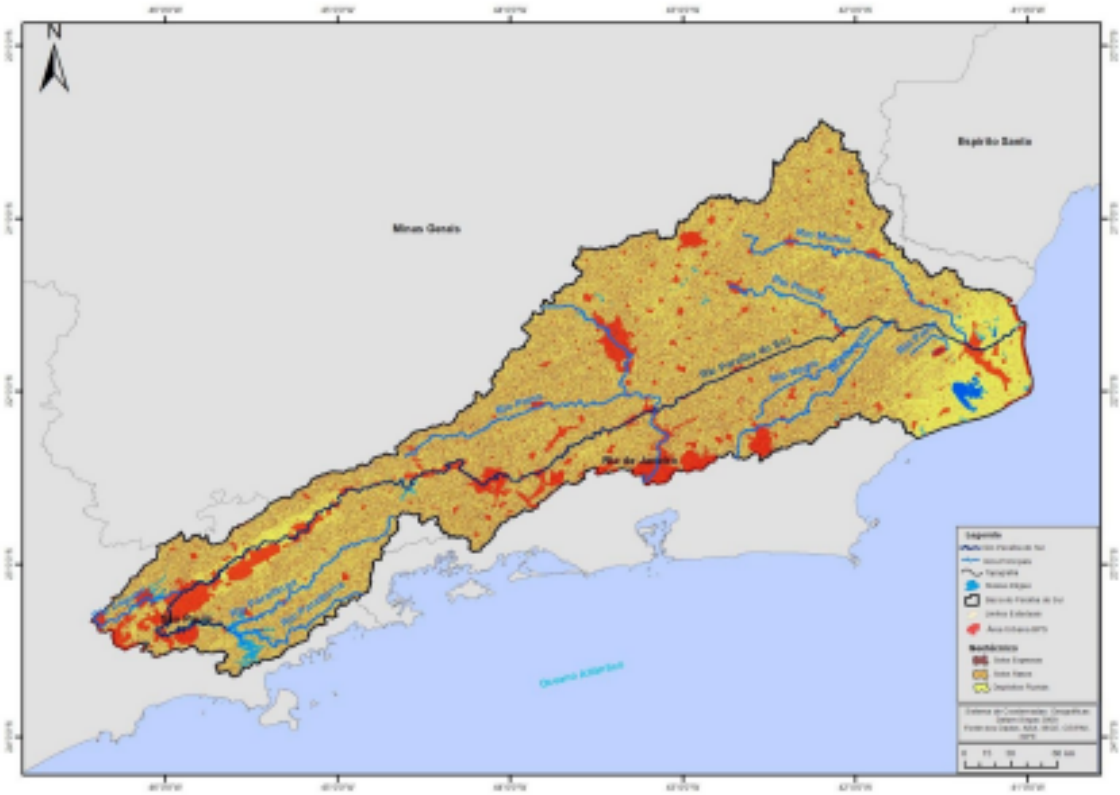
Os depósitos fluviais possuem morfologia e granulometria formada pela dinâmica existente nas calhas e planícies fluviais, atrelados aos processos de erosão, transporte e deposição existente na bacia. Essas feições estão próximas ao canal de drenagem e possuem baixo desnível do terreno.

De acordo com Cristofoletti (1981) as formas fluviais surgem como resposta aos processos deposicionais, as condições de sedimentação e o arranjo estrutural do acamamento sedimentar. Nos ambientes tropicais úmidos predominam os sedimentos grosseiros, o que acaba colaborando com o seu meandramento, ou seja, maior movimentação do canal. O próprio rio Paraíba do Sul possui ao longo de seu percurso, trechos que apresentam muitos meandros.

Na bacia, como consequência das características já citadas nos parágrafos anteriores, os rios possuem grande aporte de sedimentos, o que ocasiona a formação de ilhas fluviais e vales entulhados em certos pontos. Também pode ocorrer o fenômeno de assoreamento quando intensificados por ações antropogênicas como extração ilegal de areia, ausência de mata ciliar.

4.2 Mapeamento Geotécnico e Vulnerabilidade dos Ambientes

Ao correlacionarmos os tipos de solos com a localização das áreas urbanas da Bacia do Paraíba do Sul, que são representadas por manchas vermelhas (Figura 3), observamos que o processo de ocupação se desenvolveu, inicialmente, próximo ao rio Paraíba do Sul e seus principais afluentes. No alto curso temos os



rios Jaguari, Paraitinga e Paraibuna, no médio curso o rio Preto e no baixo curso Muriaé, Pomba, Negro e Grande (CEIVAP).

FIGURA 3: Área urbana associada ao mapeamento geotécnico da Bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Autores.

Os rios destacados salientam que parte da população ocupou as áreas que denominamos de depósitos fluviais, que estão relacionados à baixa amplitude do relevo, ou seja, áreas planas de relevo pouco ondulado. Porém, deve-se destacar que essas áreas são naturalmente suscetíveis ao extravasamento dos rios, em épocas de cheias.

Esses ambientes situam-se nos leitos dos rios, baseado em Tucci (2008), os cursos de água possuem dois leitos principais: o leito menor e o leito maior. No leito menor, as águas escoam na maior parte do tempo, sendo considerado como o nível de normalidade dos leitos fluviais. Já o leito maior refere-se à superfície acima do nível médio das águas, sendo regularmente inundada em ocasiões de cheias. Logo, esses ambientes são ocupados por grande parte da população, que está vulnerável às inundações.

Outros fatores associados às inundações ocorrem por mudanças no trajeto dos rios, que passam a ser retificados e canalizados para absorver o crescimento da área urbana, além da mudança do uso e cobertura do solo. Em dezembro de 2019, foi noticiado que diversos municípios do noroeste fluminense sofreram transtornos por inundações (Noroeste Fluminense, 2019), essas regiões ocupam a delimitação do baixo curso da bacia, em área de depósitos fluviais.

Além desses problemas relacionados aos depósitos fluviais, também existem problemas relacionados aos solos rasos em áreas de encosta. Como já citado, esses solos têm como característica a alta movimentação. Essa questão somada à ocupação de zonas de encosta, retirada de vegetação, se existente, e o clima da região acabam configurando um cenário muito propenso a desastres.

Historicamente observa-se que essas áreas sofrem constantemente com esse processo natural devido à sua geomorfologia, mas atualmente torna-se um risco, pois há população que ocupa esses ambientes. Como visto na Figura 3, em toda a bacia há a distribuição homogênea de solos rasos e espessos, próximos dos centros urbanos. Podemos destacar que toda a bacia se torna vulnerável aos movimentos de massa e inundações, que intensificam-se devido às mudanças antrópicas na paisagem. Segundo Girão *et al.* (2007), fatores antrópicos potencializam a instabilidade das encostas e o risco potencial de deslizamentos e inundações em áreas previamente categorizadas como suscetíveis.

5. Conclusão

A utilização dos métodos de geoprocessamento se mostrou muito eficiente para a análise realizada neste estudo. A partir da aplicação de conhecimentos teóricos, foi possível gerar mapas que expõem tal problema existente na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Através da interpretação e entendimento do mapa produzido junto a esse estudo, é notável que a maior parte da bacia se encontra em estado de vulnerabilidade, isso se torna mais preocupante quando há construções localizadas nessas áreas ou próximas a elas. A partir da identificação dessas áreas, é possível pensar, junto ao poder público, um melhor uso do território da bacia e planejar intervenções com o intuito de evitar futuros desastres.

Agradecimentos

Agradecimento ao CNPQ pelo incentivo de produção, desenvolvimento e financiamento da pesquisa de doutorado, além do incentivo financeiro do Comitê do Baixo Curso do Paraíba do Sul. Ao Laboratório Interdisciplinar de Estudos Geoambientais- LIEG/UFRJ pela infraestrutura para a realização do mesmo.

Referências

AMARAL, C.; LARA, A. Mapa Geológico-geotécnico 1:10.000 Voltado para o Entendimento dos Processos e Riscos a Escorregamentos no Rio de Janeiro. **III Simpósio Brasileiro de Cartografia**. Florianópolis. 1998.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Bacia do Rio Paraíba do Sul: Livro da Bacia**. 2001. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2001/BaciadoRio ParaibadoSul.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2020.

_____**Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas**.2017. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>. Acesso em: 28 jan. 2020.

_____**Estudos Auxiliares para a Gestão do Risco de Inundações: Bacia do Rio Paraíba do Sul**. 2020. Disponível em: <http://gripbsul.ana.gov.br/ABacia.html>. Acesso em: 28 jan. 2020.

ANDRADE, M.P; RIBEIRO, C.B.S.; LIMA, R.N.S. **Avaliação do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul na primeira década do século XXI a partir de imagens MODIS – Land Cover**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

BASTOS, C. A., PINHEIRO, R. J., FILHO, C. L.; BRESSANI, L. A. Zoneamento de Áreas de Risco em Ocupação de Encosta da Serra Gaúcha. **III Simpósio Brasileiro de Cartografia**. Florianópolis.1998.

BASTOS, C. A., MIRANDA, T. C., SHULER, A. R., SCHMITT, L. A.; VASCONCELOS, S. M. Mapeamento Geotécnico da Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul. **6° Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambienta**l. 2007

BERNSTEIN, A.; NUNES, U. M.; SILVA, C. C. N.; COUTO, D. V. S. (2014). Sudeste rumo à desertificação: Rio Paraíba do Sul. Revista de Educação Pública. ISSN: 1984-6290

CEIVAP. Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. **Organismos de Bacia.** 2020. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/orgbacia.php>. Acesso em: 28 jan. 2020.

CHAMBERS, T.B. Conservation farming reduces runoff and siltation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.3, n.1., p.32-34, 1948.

CHRIST, C. E. **Mapeamento de áreas suscetíveis ao colapso na bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Florianópolis. 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda.1981.

FUNDAÇÃO COPPETEC. **Tabela - Ocupação e Uso Atual do solo**. 2001. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/downloads/tabelaocupacao.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2020.

GIRÃO O. CORRÊA A.C. de B., GUERRA, A. J. T. Encostas Urbanas como Unidades de Gestão e Planejamento, a partir do Estudo de Áreas a sudoeste da cidade do Recife – PE. **Revista de Geografia**. v. 24, n. 3, 2007.

IGASHI, R. A. **Utilização de um SIG no desenvolvimento de um banco de dados geotécnicos do norte do Estado do Rio Grande do Sul.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Área: Infraestrutura e Gerência Viária, Florianópolis. 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2017**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/15f538e 9095614fc3204f828b22fa714.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2020.

KRAUS, M. Alluvial response to differential subsidence: Sedimentological analysis aided by remote sensing, Wilwood Formation (Eocene), Bighorn Basin, Wyoming, USA. **Sedimentology,** 39:455-470.1992.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente - Mata Atlântica**. 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/component/k2/item/273-mata-atl%C3%A2ntica.html>. Acesso em: 29 jan. 2020.

MORAES, A. G. L.; CEDDIA, M. B.; CARVALHO, D. F. **Perdas de Solo sob Diferentes Usos na Região do Médio Paraíba do Sul**. Anais do XI Fórum da Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. ISSN 1984-0632. 2016.

MOTTA, M. B.; DEUS, B.C.T.; DIAS, A.C.L.; BOTTREL, S.E.C.; BRANDT, E.M.F.; PEREIRA, R.O. Agrotóxicos na Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul**. III Simpósio de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul**. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2018.

Noroeste Fluminense Inter Tv. **Chuva intensa causa alagamentos e transtornos no Noroeste Fluminense Temporal atingiu Miracema, Cambuci, Santo Antônio de Pádua e Itaperuna. 2019**. Disponível em: https://g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2019/12/12/chuva-intensa-causa-alagamentos-e-transtornos-no-noroeste-fluminense.ghtml

PELLERIN, J. R., TOMAZZOLI, E. R., BAUZYS, F., BINI, G. M., ÉGAS, H. M., & WILVERT, S. R.). Mapeamento Geológico-Geomorfológico do Setor Norte da Ilha de Santa Catarina. **Revista de Geografia, v. especial VIII SINAGEO**. n°. 1,2010.

REGINATTO, G. M. **Caracterização de movimentos de massa na bacia hidrográfica do Rio Cunha, Rio dos Cedros - SC, com ênfase em escorregamentos translacionais**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis. 2013.

RIBEIRO, A. J. A., ROSA, M. E. R., REIS, G. A. Comparação entre Diferentes Bases Altimétricas para Delimitação de Bacias e Extração de Drenagens**. Revista Eletrô nica de Gestão e Tecnologias Ambientais,** v. 4, p. 193. 2016. DOI: 10.9771/gesta.v4i2.14992.

THIESEN, S. **Aplicação de ferramenta SIG para mapeamento geotécnico e cartas de aptidão para fundação a partir de ensaios SPT**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Florianópolis. 2016.

TUCCI, C. E. M. Gestão integrada das águas urbanas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 5, n. 2, p. 71-81.2008. http://dx.doi.org/10.1590/S0103- 40142008000200007.

UNESCO-IAEG. Engineering geological mapping. A guide to their preparation. Commission on Engineering Geological Maps of the IAEG. **Earth Sciences**, 15. The Unesco Press.1976.

VALENTE, A. L. **Banco de Dados por Meio de Geoprocessamento para a Elaboração de Mapas Geotécnicos, Análise do Meio Físico e suas Interações com a Mancha Urbana de Porto Alegre**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia - Programa de PósGraduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre.1999.

VALLEJO, L.I.G.; FERRER, M; ORTUÑO, L. OTEO, C. **Ingeniería geológica**. Madrid: Pearson Educación. 2020.

WRIGHT, V.P. Paleopedology: Strtigraphic relationship and empirical models. In: MARTINI, I.P. & CHESWORTH, W., eds**. Weathering, soils e paleosols**. Amsterdan, Elsevier, p.475-499. 1992.

ZUQUETTE, L. V. ; NAKAZAWA, V. A. Cartas de Geologia de Engenharia. In: A. M. OLIVEIRA, & S. N. BRITO, **Geologia de Engenharia**, p. 283-300. 1998. São Paulo, São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE).

RELAÇÃO DOS ATRIBUTOS GEOMORFOLÓGICOS COM A CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS DE FUNDO DO RÍO AROA, VENEZUELA

Orlando José Cabrera Viña
Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Geografia, Laboratório de Pesquisas Aplicadas em Geomorfologia e Geotecnologia (LAGEO) Av. Cel. Francisco H dos Santos, 100 – Centro Politécnico - Edifício João José Bigarella. Caixa Postal 19001 - Curitiba – Paraná
E-mail: cabrera.orlando@gmail.com
Claudinei Taborda da Silveira
Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Geografia, Laboratório de Pesquisas Aplicadas em Geomorfologia e Geotecnologia (LAGEO) Av. Cel. Francisco H dos Santos, 100 – Centro Politécnico - Edifício João José Bigarella. Caixa Postal 19001 - Curitiba – Paraná
E-mail: claudineits@ufpr.br

Resumo

A pesquisa geomorfológica tem como propósito reconhecer e interpretar os fenômenos que tenham como expressão as formas do relevo e seus processos conexos. Nesse sentido, a presente pesquisa teve como objetivo determinar a relação dos atributos geomorfológicos com a concentração de metais pesados nos sedimentos de fundo do rio Aroa, com ênfases nas feições de vertente e os distintos tipos de formas do canal. Para isso, foi necessário a caracterização das condições geológicas e geomorfológicas na bacia do rio Aroa, que condicionam a presença de metais pesados nos sedimentos do fundo nas distintas formas do canal.A aplicação de técnicas estatísticas multivariadas, como Análise de Correspondência (AC) e Análise de Correspondência Múltipla (MCA), permitiram determinar as fortes relações de interdependência que existem entre as concentrações de metais pesados nos sedimentos de fundo do rio e as características geológicas das formações metamórficas presentes na área. Da mesma forma, foi determinado que o componente geomorfológico atua como fator de controle na presença e abundância desses elementos químicos, a partir do papel das formas côncavas da vertentes, favorecem e potencializam o intemperismo dos folhelhos, assim como as formas de canal fluvial, cujas características impõem um controle no acúmulo de maior quantidade de metais pesados residuais nos sedimentos, sendo os canais de meandro de pouca sinuosidade com margem arenosa bem definida (Tipo B4), os que mais retêm metais.

Palavras-chave: Geomorfologia, taxonomia de relevo, geoquímica, análise multivariada

Introdução

A aplicabilidade dos estudos geomorfológicos na interpretação da evolução e dinâmica da paisagem natural, é cada vez mais útil na vida quotidiana, desde o planeamento ambiental, agrícola e urbano. Na opinião de Casseti (2005), o relevo apresenta importância fundamental no processo de ocupação antrópica do espaço, uma vez que inclui as propriedades de suporte e recurso. Guerra e Marçal (2006) apresentam conceitos, temas e aplicações da Geomorfologia em diferentes setores, com destaque para a Geomorfologia Urbana, a Geomorfologia de Áreas Rurais e a relação entre Geomorfologia e Planejamento. Moresco (2012), diz que o conhecimento mais aprofundado dos processos geomorfológicos (natureza, origem) e dos agentes envolvidos (clima, tipo de solo, ocupação) tem se tornado essenciais para elaborar diagnósticos, especialmente quando relativos à ocupação antrópica. Neste caso, a motivação para este estudo surge da necessidade de predefinir e otimizar o uso dos recursos disponíveis para selecionar as áreas com maior potencial de concentração de metais pesados, que podem ser futuramente utilizados na prospecção em corpos aluviais. Por esse motivo, foi levantada a hipótese de que as características das vertentes e das geoformas fluviais impactam diretamente no valor potencial de contribuição e retenção de metais pesados, respectivamente.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi de determinar a relação dos atributos geomorfológicos com a concentração de metais pesados nos sedimentos de fundo do rio Aroa. Para isso, o presente estudo parte da caracterização da bacia hidrográfica do rio Aroa, através do reconhecimento e delimitação dos tipos de vertentes predominantes e dos tipos de canais que favorecem a acumulação de metais pesados. Foram elaborados mapas da bacia e sub-bacias nas zonas de influência dos lugares de coleta de testemunhos de sedimentos previamente selecionados por Cuenca (2017), o qual determinou a concentração de Fe, Cu, Cr, Ni, Mn, Pb, V e Zn. Baseado nisso, foi possível simular as variações espaciais nas concentrações de metais pesados nos sedimentos em o vale do rio Aroa e assim identificar as relações com os atributos geomorfológicos de vertente e dos canais do rio.

Para correlacionar as relações entre os factores geomorfológicos como controladores do processo de carreamento e transporte de metais pesados foi preciso aplicar técnicas estatísticas multivariada como o Analise de Correspondências (AC) e Análise de Correspondências Multiplex (ACM), os quais foram utilizadas de duas maneiras, no primeiro caso para determinar as possíveis relações entre as características geomorfológicas das fontes e as quantidades de metais pesados no fundo do rio e, na segunda para identificar a correlação dos tipos de canais fluviais com as datas de metais pesados.

A importância deste trabalho radica em que pode ser usado para explorar e definir áreas com potencial concentração de minerais pesados em ambientes fluviais com pouca disponibilidade de informação geoambiental.

2. Materiais e Métodos

Dentro dos materiais mais importantes temos o estudo de Cuenca (2017), quem realizou o estudo geoquímico de metais pesados presentes na fração argila-silte dos sedimentos da bacia do rio Aroa, para conhecer a concentração de chumbo (Pb), cádmio (Cd),cromado (Cr),zinco (Zn), níquel (Ni),manganésio (Mn),cobre (Cu), vanádio (V)e ferro (Fe) a fim de estabelecer relações inter-elementares e até determinar o grau de contaminação que essas espécies fornecem a partir de parâmetros como o Fator de Enriquecimento (FE), o Índice de geoacumulação (Igeo). Para isso, Cuenca (2017) realizou a extração química sequencial certificada do Gabinete de Referência da Comunidade Europeia (BCR), Tabela 1. Com o apoio dos valores obtidos por ele se elaboro a presente pesquisa.

TABELA 1

Concentrações de metais pesado residual expressa em *(mg/kg)*

Amostra	Norte	Este	Pb	Cd	Cr	Zn	Ni	Mn	Cu	V	Fe
PH-001	1.141.770	488.446	14	7,5	34,6	83,8	49	78	24,8	7,1	25.348
PH-002	1.143.402	500.810	13	7,9	8,9	76,7	35	69	28,2	5,2	26.155
PH-003	1.152.519	501.441	11	6,5	9,3	72,8	30	80	24,3	6,3	22.759
PH-012	1.160.993	508.590	8	5,5	17,8	65,4	30	91	22,7	9,1	19.848
PH-013	1.160.804	508.751	9	6,9	10,6	114,9	31	72	24,4	7	23.992
PH-015	1.150.109	513.760	9	7,1	18,9	78,3	35	115	36,6	12,4	24.222
PH-018	1.161954	512974	10	7,2	10,8	79,9	29	88	46,3	6,6	24.813
PH-020	1.167.799	541.028	-2,5	4,3	29,9	69,5	16	125	14,8	23,8	15.265
PH-026	1.168.033	528.533	-2,5	5,9	18,5	49,6	19	101	25,99	14,3	21.344
PH-028	1.168.458	529.667	-2,5	7,5	54,5	58,4	29	158	41,4	43	24.700
PH-029	1.173.003	534.608	3	5,9	25,7	114,9	29	110	28,3	19,8	21.590
PH-030	1.171.532	535.938	-2,5	5,7	49,7	57,4	26	129	24,5	34,9	20.078
PH-034	1.162.391	516.215	4	5	10,1	52,6	20	74	19,2	9,1	18.624
PH-037	1.174.771	554.794	3	4,6	12,3	51,3	19	71	24,6	8,8	17.429

Fonte: CUENCA, 2017.

Esta pesquisa fundamentou-se na combinação dos estudos e linha metodológica empregada em pesquisas geomorfológicas dos Estados Unidos (Rogsen, 1994) e Japão (Fujimoto *et al* 2008, Fujimoto et al 2011), com apoio da cartografia temática, a qual está desenvolvida e embasada nas propostas de classificação taxonômica de unidades geomorfológicas de Zinck (2012),de amplo uso na Venezuela e Colômbia, cujo entendimento é de que as formas do relevo têm uma relação de vizinhança que resulta das influências endogenéticas e exogenéticas, por isso, a interpretação da geoforma sintetiza os fatores e processos de seu desenvolvimento.

Elaborou-se, num primeiro momento, a fundamentação teórico-metodológica. Num segundo momento realizou-se o levantamento dos dados primários e secundários. Num terceiro momento elaboraram-se os mapas geomorfológico e geológico, bem como a interpretação qualitativa, quantitativa e espacial dos dados geoquímicos dos sedimentos. A descrição dos procedimentos metodológicos e técnicos está apresentada na Figura 1.

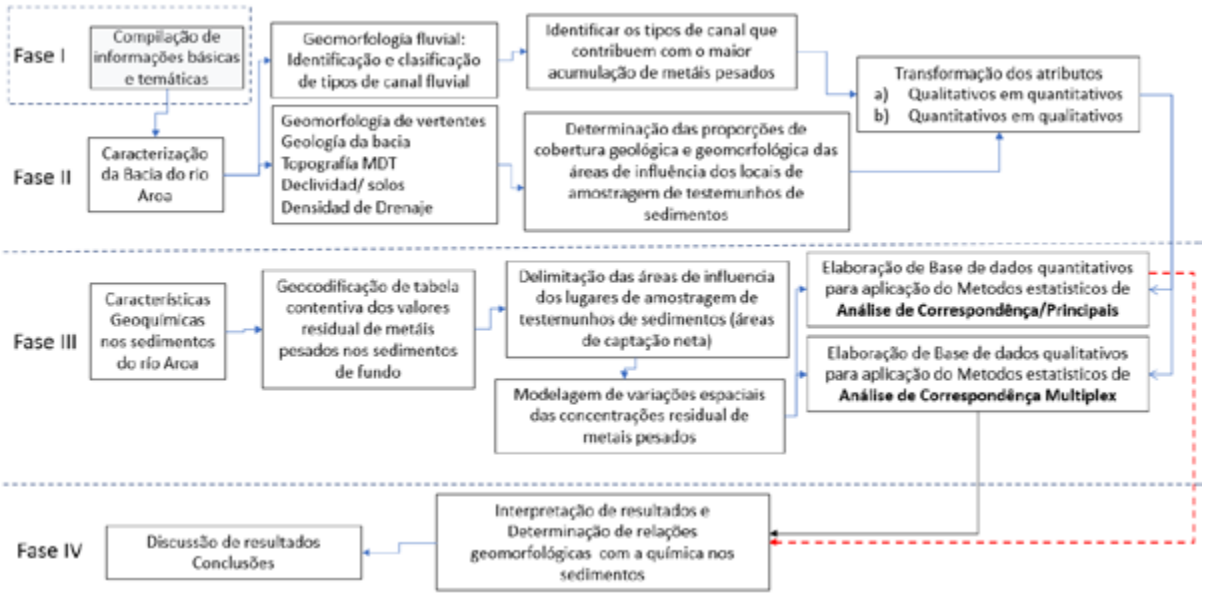


FIGURA 1: Fluxograma Operacional
Fonte: Arquivo dos autores.

Na primeira fase da pesquisa, foi revisada a literatura referente aos estudos geomorfológicos utilizados na determinação das concentrações de poluentes em rios, dos quais se destacam os trabalhos binacionales realizados entre Canadá e os Estados Unidos com o uso do Modelo SPARROW (Saad *et al*, 2018), nos quais se destaca a contribuição de Rogsen, 1994, portanto que se toma como um guia para a descrição dos canais fluviais. Da mesma forma, os trabalhos de classificação de taludes de Fujimoto et al 2008 e Fujimoto et al 2011, nos quais se destaca o papel da geometria dos taludes côncavos na captura e retenção de umidade. Do mesmo modo, foram revistos os estudos relativos à caracterização física natural da área de estudo, trabalhos de geologia elaborados pelas diferentes instituições e organizações acadêmicas com competência na matéria.

A segunda fase do trabalho consistiu em efetuar a análise geomorfológico do rio Aroa, os tipos de canais foram classificados em cada setor de amostragem de sedimentos, com o uso de imagens compiladas com o uso do aplicativo SAS. Planet 191216.10095 Nightly, este trabalho permitiu identificar as características dos canais de acordo com a metodologia de ROGSEN, (1994), em que os tipos de canais fluviais são diferenciados de acordo com o critérios de declividade, sinuosidade do canal, geometria transversal e materiais das bancadas. Uma vez classificados os tipos de canais, identificou-se segundo a contribuição com a maior ou menor acumulação de metais pesados, de acordo com os valores determinados por Cuenca (2017). Em paralelo, seguindo a classificação taxonômica de relevo de Zinck (2012). O primeiro táxon corresponde a Província Fisiográfica da Cordilheira da Costa do Caribe venezuelano em escala pequena 1:4.000.000. A individualização das unidades morfoesculturais (2º táxon) identificado é a Região Natural da Serrania do Interior, cartas topográficas escala 1:250.000. Posteriormente, o 3º táxon é a paisagem geomorfológico reconhecido nas cartas 1:100.000, destacando as montanhas de Aroa, Yaritagua, Nirgua, o Pé de monte, o vale do rio Aroa e as planícies. Finalmente, o 4º táxon, identificado nas cartas topográficas a escala 1:25.000 se reconhecem os tipos de relevos, incluídos nesta categoria as formas de cristas, vertentes, colinas, glacis, planície fluvial e planície costeira (Figura 2). A identificação dos setores de vertentes foi feita conforme exemplificado em Fijimoto *et al* (2011, p.1876), em vertentes: côncavas, convexas ou retilíneas, com o mapa geomorfológico, foi determinada a proporção

que cada forma do terreno cobre nas áreas de captação imediatas para cada local de amostragem de sedimento, tudo com o objetivo de conhecer os tipos de geoformas predominantes e sua relação com as concentrações de metais pesados nos sedimentos de fundo do rio Aroa. Em relação com os tipos de canais da metodologia de Rogsen, (1994), correspondem-se como 5to táxon da classificação geomorfológica proposta por Zinck, (2012) quem define o nível como forma do terreno (Figura 2).



FIGURA 2: Taxonomia de relevo da bacia do rio Aroa.

Fonte: Modificado de ZINCK (2012)

Para conhecer a influência da geologia nas concentrações de metais pesados, descritas por Cuenca (2017), foram quantificadas as áreas de captação dos locais de amostragem e calculada a cobertura geológica predominante em cada local de amostragem, para posteriormente identificar a correspondência entre as formações geológicas e o teor de metal residual. A caracterização litológica da área foi elaborada com os estudos geológicos de Urbani *et al* (2015) a escala 1: 25.000, também com apoio dos trabalhos da Creole Petroleum Corporation (1962), Cartas do Grupo C6 a escala de 1: 50.000 e como referência geral o mapa geológico da USGS *et al* (2005). A informação do conteúdo de rochas e composição mineral de cada formação geológica, foi obtida dos estudos de Urbano *et al* (2015) e de o Lexico Estratigráfico de Venezuela.

Os parâmetros morfométricos da bacia são obtidos após a construção do modelo digital de elevação (DEM), que foi processado pela vetorização com o uso do sofware ArcGis 10.7, das curvas de nível das 36 cartas topográficas que abrangem a bacia do rio Aroa na escala de 1: 25.000, fornecidas por o Serviço Nacional de Cartografia da Venezuela. Com o emprego da ferramenta Vertical Mapper do software MapInfo 10.5, elaboro-se o mapa de declividade, declividade meia da bacia, declividade meia dás áreas de captação dos locais de amostragem e densidade de drenagem geral da bacia e especifica das áreas de captação dos locais de amostragem. Posteriormente, procede-se à transformação de todos os atributos das variáveis ambientais, para sua operacionalização em matriz de conjuntos dados estandardizados, então os atributos qualitativos são transformados em dados quantitativos para estruturar a matriz numérica empregada no processo estatístico de Análise de Correspondências (AC) e Análise de Componentes Principais (ACP). Assim mesmo, os atributos quantitativos são transformados em dados qualitativos para fazer Análise de Correspondências Multiplex (ACM).

A terceira fase consistiu no estudo das variações das concentrações de metais pesados nos sedimentos de fundo do rio Aroa, o primeiro passo foi a geocodificação do valor residual de cada um dos metais para estruturar o banco de dados das características dos sedimentos, utilizando os resultados determinados por Cuenca (2017), de chumbo (Pb), cadmio (Cd), cromado (Cr), zinco (Zn), Níquel (Ni), manganésio (Mn), vanádio (V) e ferro (Fe) com o respectivo plotagem dos locais de amostragem para posterior modelagem das variações espaciais de cada um dos elementos e análise de relações com o ambiente físico natural.Uma vez localizados os pontos de amostragem, delimitou-se a área imediata de captura do escoamento superficial, a fim de contabilizar a proporção

da área coberta por cada grupo litológico, bem como cada tipo de unidade geomorfológica predominante com incidência direta na amostragem local, bem como formar a base de dados dos respectivos parâmetros morfométricos de cada porção das microbacias de influência imediata ao local de amostragem.

O seguinte foi a modelagem das variações espaciais das concentrações residual de metais pesados, para isso, foram aplicadas diferentes técnicas de interpolação, como o método de Triangulação Simple, Vizinho Natural e Kriging, a fim de explorar qual dos métodos de interpolação expressa melhor a distribuição espacial de acordo com as características da bacia e contorno fluvial do vale de rio Aroa. Os resultados são representados em mapas temáticos com indicação da área fluvial. Posteriormente, procede-se à transformação dos valores das variações de metais pesados de quantitativos em dados qualitativos para integra-los nas matrizes de dados para gerar as análises estatísticas multivariadas (AC, ACP e ACM) com o uso do Software R, versão 4.0.4 (2021-02-15). The R Foundation for Statistical Computing. "Lost Library Book". Copyright (C) 2021. Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)

A quarta fase corresponde à interpretação dos resultados estatisticos de correspondência interelementares e sua distribução espacial com a finalidade de visualizar e determinar as relações que as formas geomorfológicas tem com a química contida nos sedimentos de fundo do rio Aroa. Alem disso, o papel da geologia como fator de controle da quimica de sedimentos e do resto dos parâmetros morfométricos que tem maior incidência no conteúdo e valores de metais pesados, todo isto com a interpretação dos gráficos obtidos com o Software R, versão 4.0.

A área do presente estudo é a bacia do rio Aroa, a qual possui uma superfície aproximada de 2.294 km2, localizada entre a fachada costeira da depressão de Yaracuy e o maciço de Aroa, Venezuela, na escala 1:25.000, localizada entre as Coordenadas Geográficas10º 12' 47'' e 10º 52' 48'' de Latitude Norte e 68º 15' 47'' e 69º 10'44'' de Longitude Oeste. (Figura 3).



FIGURA 3: Localização da área de Estudo.
Fonte: Arquivo dos autores.

Geomorfologicamente, este espaço se insere na porção noroeste da macroforma estrutural denominada Cordilheira da Costa em Venezuela, cujo nível taxonômico corresponde a Provincia Fisiográfica (ZINCK, 2012, p.64). Inserida nesta macroforma estrutural, identificam-se as grandes unidades esculturais, esculpidas, principalmente, pela ação climática ao longo do tempo. São elas: Montanhas da Serrania do Litoral Central, onde se diferenciam as montanhas de Yumare ao Norte e Aroa e Nirgua ao sul, ambas separadas por o vale do rio Aroa, o qual forma uma planície ampla a medida que sus águas drenam para o mar.

Geologicamente, nas montanhas do sul da bacia do rio Aroa tem, basicamente, as Formações Aroa do cretáceo tardio, com predomínio de xistos de feldespáticos grafite calcários, filitos de grafite, xistos quartzomicáceos-grafite, calcários laminados, calcários sólidos e vários horizontes de xistos verdes. Estes últimos exibem uma mineralogia de zoisita, clinozoisita, epidoto, feldspato, actinolita, clorita, calcita e quartzo (Bellizzia y Rodríguez, 1969). O Complexo Yaritagua do proterozoico, e descrito por Bellizzia e Rodríguez (1968), como na unidade xisto quartzo-micáceo, anfibolito granatífero e alguns afloramentos de xisto glaucofano e mármore. Posteriormente, em 1976, esses autores completam a descrição da formação observando a presença de gnaisse porfiroblástico, augengneis, xisto quartzo-micáceo, xisto quartzo-feldspático-clorítico e gnaisse, xisto biotítico, anfibolito granatífero, quartzito e uma porção menor de glaucofano xisto e mármore. Enquanto que a Formação Nirgua do jurásico tem vários tipos litológicos, tais como: quartzo xisto - micáceo, micáceo - grafite, mármore maciço, anfibolito eclogítico, anfibolito epidótico e granatífero, quartzito, xisto e quartzo - gnaisse micáceo – feldespático Bellizzia e Rodríguez (1967). Ao Norte, nas montanhas de Yumare, basicamente tem predomínio de rochas sedimentarias das Formações Capadare composto por um calcário de recife. Em alguns trechos é composto por areias siltosas, quartzo e micáceas, intercaladas com calcário (URBANI *et al*, 2015). A Formação Casupal ou caracterizada pela presença de arenitos e argilas de granulação fina, material carbonáceo (URBANI *et al*, 2015). Além de uma porção de rochas vulcânicas dos membros La Zurda e San Quintin do cretáceo (URBANI *et al*, 2015). No resto do vale tá recoberto de sedimentos quaternários de granulometria variável desde grossos a finos. Em geral, a área é dividida em dois grandes setores geológicos bem diferenciados, as montanhas de Yumare ao norte com predominância de rochas sedimentares intrudidas por os metagabros da Formação La Zurda, as volcánicas de San Quintin e pelo complexo ofiolítico de Siquisique. Nesse sentido, a modelagem dessas montanhas tende a ser mais ondulada e lisa nos setores de arenito, enquanto nas áreas cobertas de calcário o relevo tende a formar cristas tubulares, principalmente a nordeste. Em contraste, as montanhas de Aroa e Nirgua e Yaritagua ao sul, com predomínio de xistos, tendem a desenvolver relevos mais íngremes com uma definição marcada de encostas côncavas e convexas, conforme indicado na Figura 4.

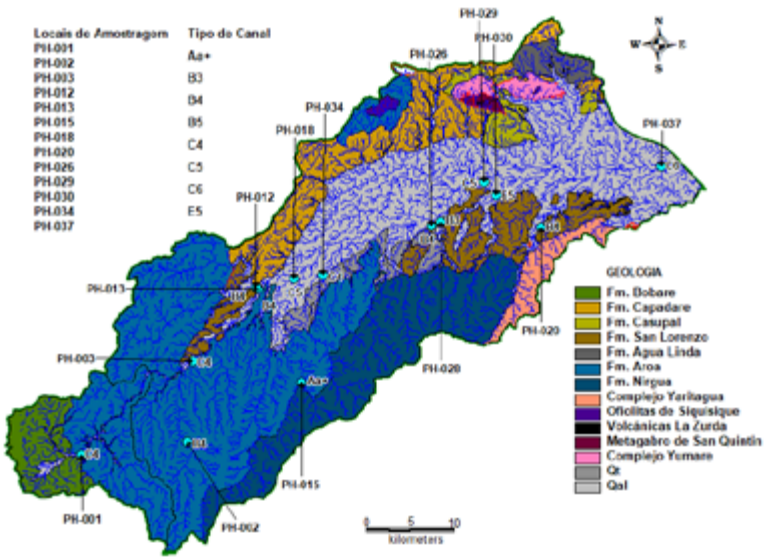


FIGURA 4: Geologia da área de estudo
Fonte: Modificado do USGS (2015)

Esse quadro geológico e geomorfológico define o padrão de drenagem fundamentalmente dendrítico, que por sua vez, exerce grande influência na modelagem do relevo. No Rio Aroa distinguem-se, basicamente, dois grupos de cursos d'água: o principal dendrítico nos paisagem de montanha com alguns setores de drenagem linear controlados pelas estruturas geológicas que depois se torna meandros à medida que a declividad topográfica da planície aluvial regula a geometria das formas fluviais.

3. Resultados

De acordo com o objetivo do trabalho, procedeu-se à classificação dos tipos de canais onde Cuenca (2017), extraiu as amostras de sedimento do fundo do rio para realizar as determinações de metais pesados, neste caso a metodologia proposta por Rogsen (1994) foi seguido e os locais foram agrupados em cada grupo de tipos de canal, conforme indicado nas Figuras 5 e 6.



FIGURA 5: Tipos de canais nos sitios de amostragem
Fonte: Arquivo dos autores.

Amostra	Tipo de Canais
PH-015	A
PH-028	B3
PH-002	B4
PH-012	
PH-013	
PH-020	
PH-026	
PH-001	C4
PH-003	
PH-034	
PH-018	C5
PH-029	
PH-037	C6
PH-030	E5

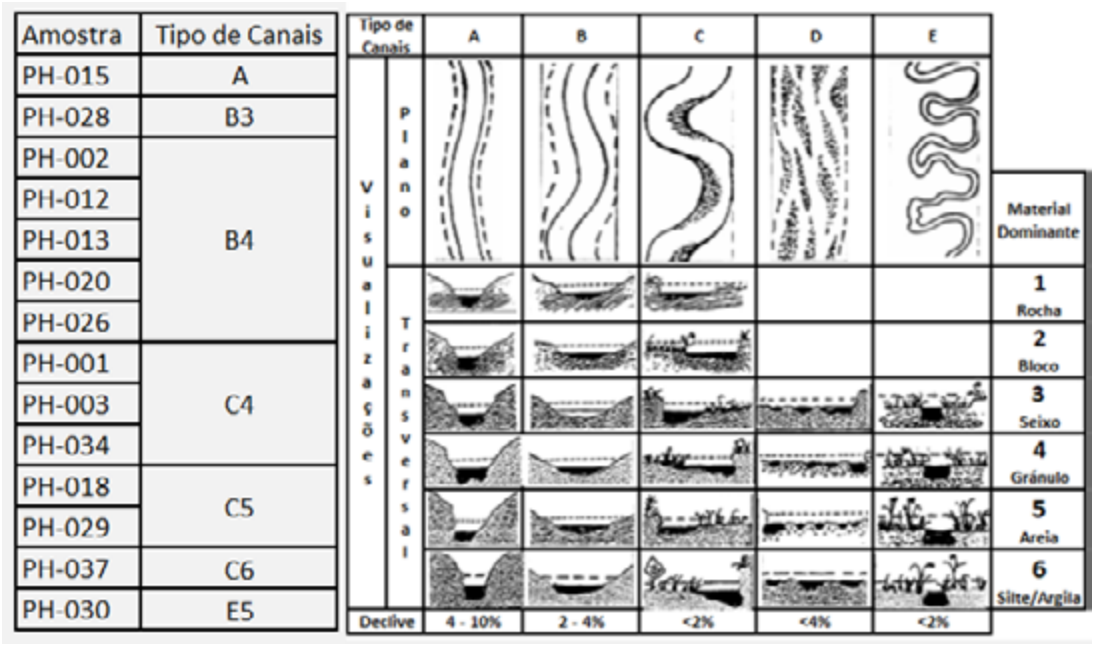
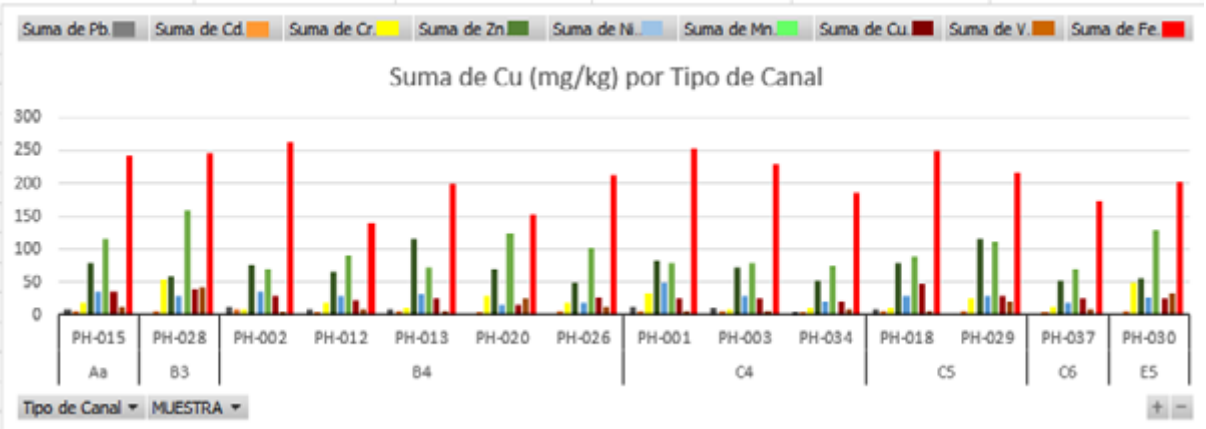


FIGURA 6: Tipos de canais nos sítios de amostragem de acordo com a classificação de Rogsen. Fonte: Modificado de Rogsen, 1994.

No Gráfico 1 são indicados os valores de metais pesados residuais, de acordo com o tipo de canal, nele destacam-se as concentrações de cobre, manganês e zinco em todos os locais de amostragem, com atenção especial para os canais do tipo B3, B4 e E5 que exibem altas concentrações desses elementos. No caso de ferro (diminuídas para efeito do gráfico entre 100 pontos), ele tem uma alta concentração em todas as mostras de sedimentos por o que não é um bom indicador de variabilidade e correspondencia com o tipo de canai.

GRAFICO 1

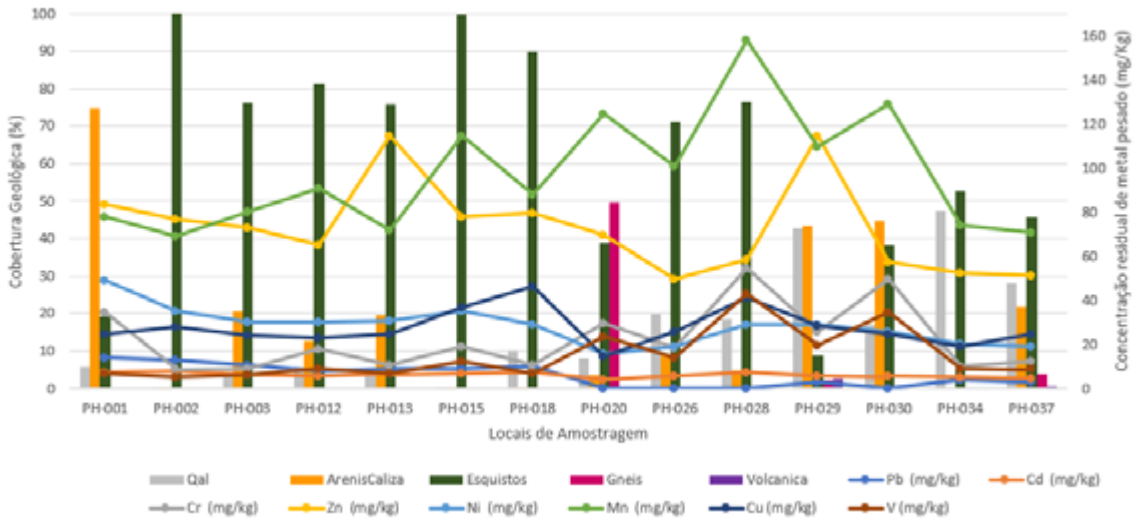
Tipo de canais dos sites de amostragem e concentrações de metais pesados determinadas nos sedimentos do rio Aroa



Fonte: Arquivo dos autores.

Em concordância com a tipologia de canais e conteúdo de elementos químicos, é importante destacar a relação e influência das rochas expostas na área de estudo onde os xistos das formações Aroa e Nirgua é observada nas altas distribuições de Mn, Zn e Cu, o mesmo acontece com os gnaisse do Complexo Yaritagua Gráfico 2.

GRAFICO 2
Litologia predominante nas áreas de influência do local de amostragem e concentrações de metais pesados determinadas nos sedimentos do rio Aroa



Fonte: Arquivo dos autores.

A proporção dos diferentes tipos de vertentes e sua relação com a concentração de metais pesados nos sedimentos do fundo do rio (Figura 7), destacan a influência das formas concavas e convexas é observada nas altas distribuições de Mn, Zn e Cu, o mesmo acontece com as formas do releve de colinas (Gráfico 3).

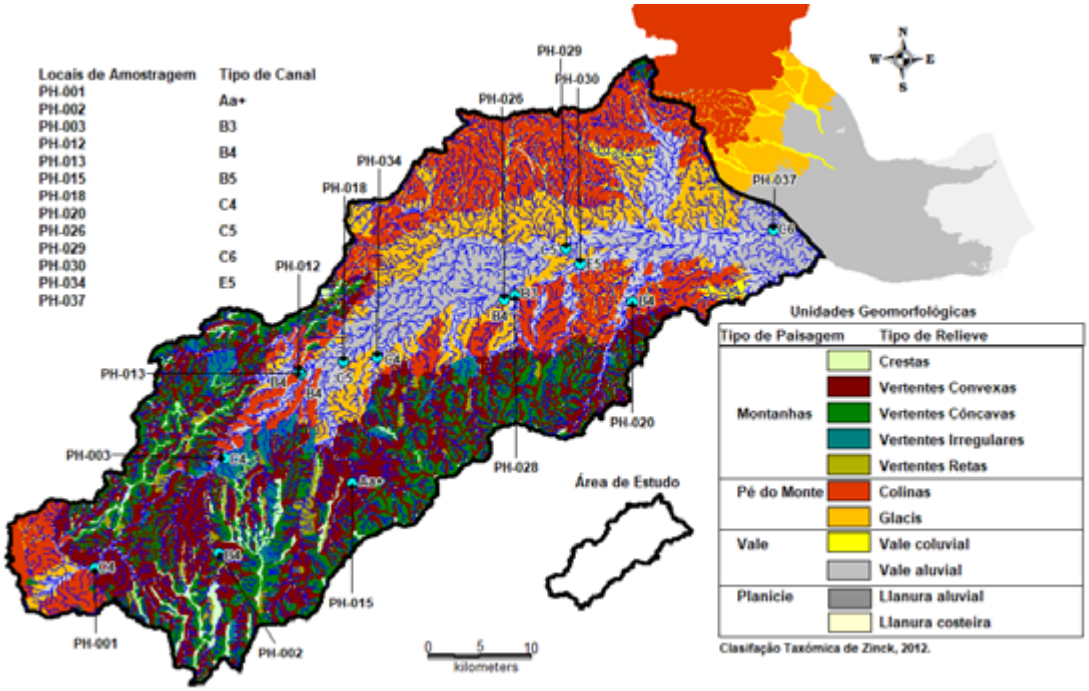
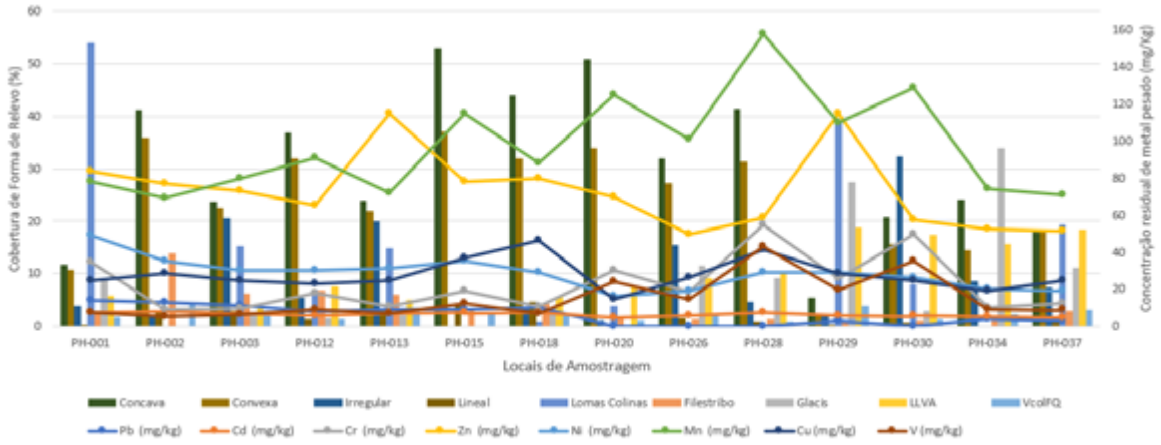


FIGURA 7: Unidades geomorfológicas do area de estudo
Fonte: Arquivo dos autores.

GRAFICO 3
Formas de relevo predominante nas áreas de influência do local de amostragem e concentrações de metais pesados determinadas nos sedimentos do rio Aroa



Fonte: Arquivo dos autores.

A seguir, a variação espacial das concentrações de metais pesados foi modelada de acordo com a geometria do vale do rio, destacando a formação de um núcleo com alta concentração de cromo, vanádio e manganésio e uma boa relação entre esses três grupos de elementos químicos, ou seja, a abundância dos três é proporcional entre os locais PH-026, PH-028, PH-029, PH-030, onde a predominância os tipos de canal são B3, B4 e E5 (Figuras 8, 9 e 10).

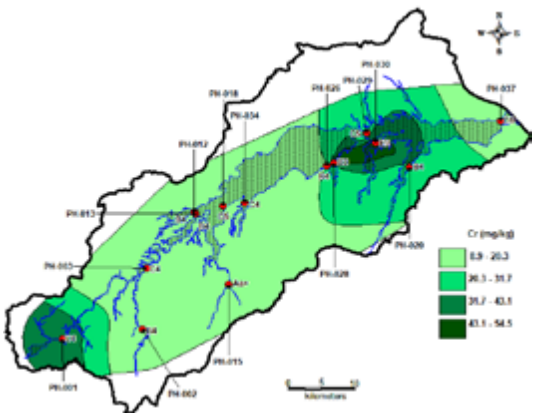


FIGURA 8: Variação de cromada (Cr)
Fonte: Arquivo dos autores

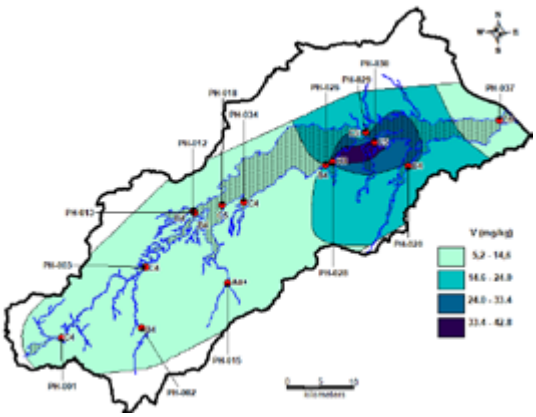


FIGURA 9: Variação de vanádio (V)
Fonte: Arquivo dos autores

Por outro lado, existe uma excelente correlação entre as concentrações medidas de chumbo, níquel e cádmio e sua variação espacial, com grandes quantidades desses elementos químicos sendo observados ao sul da bacia do rio Aroa, entre os locais de amostragem PH-001 , PH-002 e PH-003, onde os tipos de canal predominantes são B4 e C4, então as concentrações desses elementos diminuem entre os locais PH-012, PH-013, PH-015 e PH-018, com formas de canal do tipo B4, B4, Aa + e C5, respectivamente. (Figuras 11, 12 e 13).

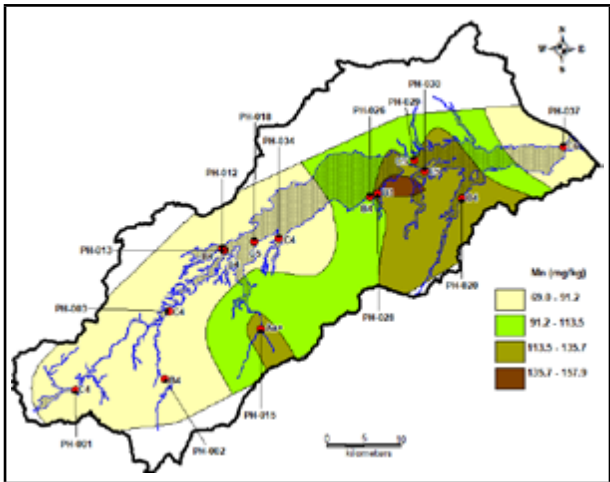


FIGURA 10: Variação de manganês (Mn)

Fonte: Arquivo dos autores

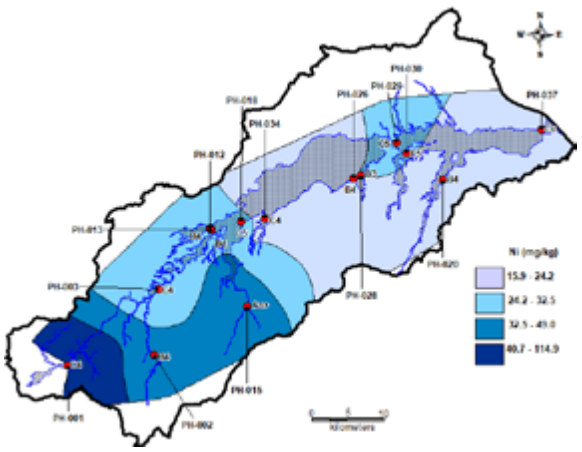


FIGURA 11: Variação de níquel (Ni)

Fonte: Arquivo dos autores

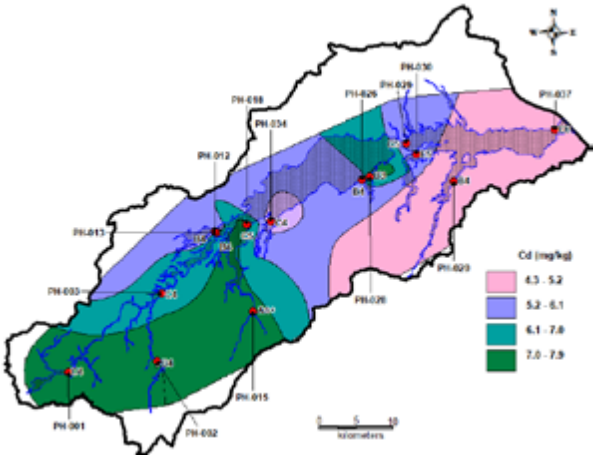


FIGURA 12: Variação de cádmio (Cd)

Fonte: Arquivo dos autores

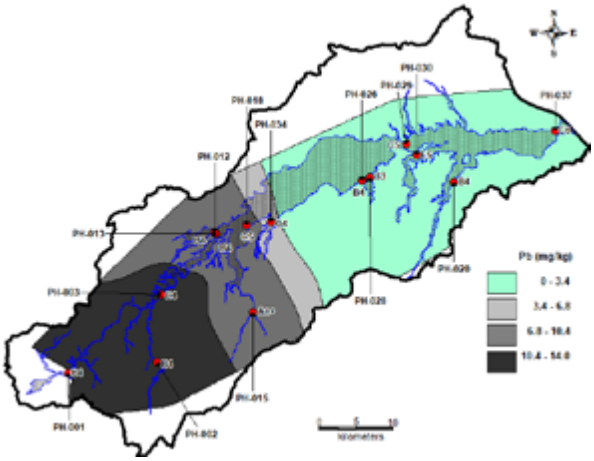


FIGURA 13: Variação de chumbo (Pb)

Fonte: Arquivo dos autores

Em relação à distribuição e variação das concentrações de ferro nos sedimentos de fundo do rio Aroa, observa-se forte correlação com o predomínio das unidades litodêmicas de xisto das Formações Aroa - Nirgua, nos locais PH-001, PH -002, PH-003, PH-012, PH-013, PH-015, então a jusante em direção nordeste nos locais PH-026, PH-028, PH-029, PH-030, há outro núcleo de alta concentração onde a os tipos de canal são os grupos B3, B4, (Figura 14).

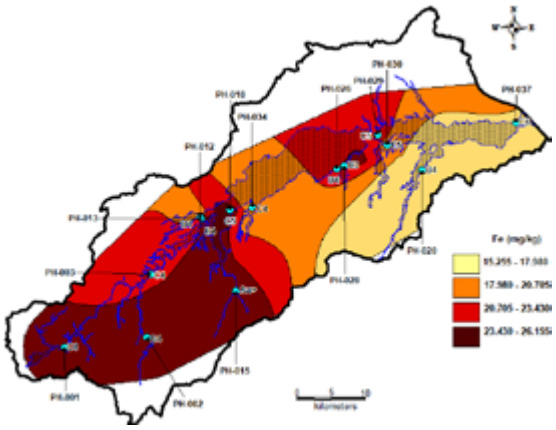


FIGURA 14: Variação de ferro (Fe)

Fonte: Arquivo dos autores

Uma vez que a geomorfologia da bacia do rio Aroa foi interpretada com o mapa de diferenciação de tipos de unidades de declive e tipos de formas de canal no ambiente fluvial, os atributos qualitativos foram codificados e transformados em quantitativos (Tabela 2) , a fim de estandarizar as informações a serem incorporadas, na matriz de dados para a aplicação de métodos estatísticos multivariados. No caso de dados quantitativos, aplica-se a Análise de Correspondência (CA), e outro banco de dados transformado em qualidades (Tabela 3) para realizar a Análise de Correspondência Múltipla (ACM). Nesse caso, foi utilizada a proporção da cobertura espacial de cada tipo de relevo para cada área de captação dos pontos de amostragem de sedimentos, conforme indicado na seção geomorfológica e geológica.

TABELA 2

	Conteudo de metais pesados residual (mg/kg)								Coberta (%) de Formas de Relevo									Coberta (%) de Grupo de R		
as	Pb	Cd	Cr	Zn	Ni	Mn	Cu	V	Concava	Convexa	Irregular	Lineal	Colinas	Estribo	Glacis	LLVA	VcolFQ	Qal	Sedimentarias	Metam
1	**14**	7,5	34,6	83,8	**49**	78	24,8	7,1	11,70	10,72	3,86	0,22	54,03	2,96	8,94	5,79	1,78	5,70	75	19,
2	**13**	**7,9**	8,9	76,7	35	69	28,2	5,2	41,25	35,87	1,80	2,78	0,00	13,79	0,00	0,00	4,50	0,10	0	99,
3	11	6,5	9,3	72,8	30	80	24,3	6,3	23,75	22,55	20,51	2,95	15,28	6,14	2,47	3,46	2,89	3,24	21	76,
2	8	5,5	17,8	65,4	30	91	22,7	9,1	36,87	31,94	5,48	1,38	7,06	6,88	1,50	7,58	1,32	5,84	13	81,
3	9	6,9	10,6	**115**	31	72	24,4	7	23,98	21,88	19,90	2,85	14,81	6,11	2,02	4,98	3,47	4,50	20	75,
5	9	7,1	18,9	78,3	35	115	36,6	12,4	52,96	37,13	0,00	4,02	0,00	3,56	0,00	0,00	2,33	0,10	0	99,
8	10	7,2	10,8	79,9	29	88	**46,3**	6,6	43,96	32,07	3,22	4,60	0,92	4,16	3,42	5,60	2,04	10,00	0	89,
0	**0**	4,3	29,9	69,5	16	125	14,8	23,8	50,79	33,96	1,05	0,00	3,83	1,66	0,00	7,59	1,12	8,09	4	88,
6	**0**	5,9	18,5	49,6	19	101	25,99	14,3	31,95	27,34	15,44	1,52	0,00	1,25	11,46	9,24	1,79	19,92	9	71,
8	**0**	7,5	**55**	58,4	29	**158**	41,4	**43**	41,45	31,44	4,61	0,89	0,00	1,35	9,23	10,22	0,81	18,45	5	76,
9	3	5,9	25,7	**115**	29	110	28,3	19,8	5,36	2,24	1,89	0,23	39,09	1,05	27,44	18,81	3,89	42,74	44	8,
0	**0**	5,7	49,7	57,4	26	129	24,5	34,9	20,73	15,60	32,44	0,61	7,90	1,15	2,86	17,34	1,37	17,09	45	38,
4	4	6	10,1	52,6	20	74	18,2	9,1	24,05	14,48	8,67	0,00	0,00	1,06	33,93	16,52	2,26	47,53	0	52,

Matriz de atributos quantitativos

Fonte: Arquivo dos autores

TABELA 3

Matriz de atributos qualitativos

	Categorias de Conteudo de metais pesados residual (mg/kg)								Categorias de Coberta (%) de Formas de Relevo									Coberta (%) de Grupo de Rochas		
Muestras	Pb	Cd	Cr	Zn	Ni	Mn	Cu	V	Concava	Convexa	Irregulas	Lineal	Colinas	Filestribo	Glacis	LLVA	VcolFQ	Qal	Sedimentarias	Metamorf
PH-001	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Alto	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy Alto	Muy Bajo
PH-002	Alto	Alto	Muy Bajo	Bajo	Medio	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Alto	Alto	Muy Bajo	Moderado	Muy Bajo	Moderado	Muy Bajo	Muy Bajo	Alto	Muy bajo	Muy Bajo	Muy Alto
PH-003	Medio	Medio	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Moderado	Alto
PH-012	Medio	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Alto	Alto	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Muy Alto
PH-013	Medio	Medio	Muy Bajo	Alto	Medio	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Bajo	Moderado	Alto
PH-015	Medio	Alto	Muy Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Muy Bajo	Muy Alto	Muy Alto	Muy Bajo	Alto	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy Bajo	Muy Alto
PH-018	Medio	Alto	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Alto	Muy Bajo	Muy Alto	Alto	Muy Bajo	Alto	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Alto
PH-020	Nulo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Medio	Muy Bajo	Bajo	Muy Alto	Alto	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Alto
PH-026	Nulo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Alto	Moderado	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Muy Bajo	Moderado	Bajo	Alto
PH-028	Nulo	Alto	Alto		Bajo	Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Muy Bajo	Moderado	Bajo	Alto
PH-029	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo		Bajo	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Alto	Muy Bajo	Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Bajo
PH-030	Nulo	Bajo	Alto	Muy Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Moderado	Bajo	Alto	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Alto	Muy Bajo	Moderado	Alto	Bajo
PH-034	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Moderado	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Alto	Bajo	Muy Alto	Muy Bajo	Moderado
PH-037	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Moderado	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Muy Bajo	Bajo	Alto	Moderado	Alto	Moderado	Moderado

Fonte: Arquivo dos autores

4. Discussões

Os resultados permitirem mostrar que a região tem dois setores de máxima concentração de metais pesados, os quais coincidem com os canais B, os qual são canais meandriformes com baixa sinuosidade com margens assimétricas bem definido, além disso foi identificada as maiores concentrações de metais pesados nas áreas com predomínio de vertentes côncavas nas áreas de captação, o que traduz-se em termos físicos que o acarreio e sedimentação de metais pesados que entram na rede fluvial, são potencializados pelas características geomorfológicas das feições de vertente e dos canal, e que podem representar uma ameaça potencial à saúde humana, devido à concentração de poluentes nos sedimentos do leito do rio.

De acordo com os resultados obtidos na Análise de Correspondência, observa-se uma alta correlação entre o tipo de rochas predominantes nas áreas de captação das amostras de sedimento e as concentrações de metais pesados, principalmente Ni, Zn, Cd, Cu e Mn (Figura 15). Da mesma forma, existe uma forte correspondência entre os tipos de encostas côncavas e convexas com altas concentrações dos mesmos elementos, o que se traduz em uma alta dependência do processo de modelagem de xisto com a formação de áreas de contribuição efetiva para desvio e transporte de metais pesados, exatamente porque as encostas côncavas são as formas que tendem a acumular mais umidade, ela é prolongada pelo tempo de reação química durante os processos de intemperismo das formações geológicas da área de estudo (Figura 16).

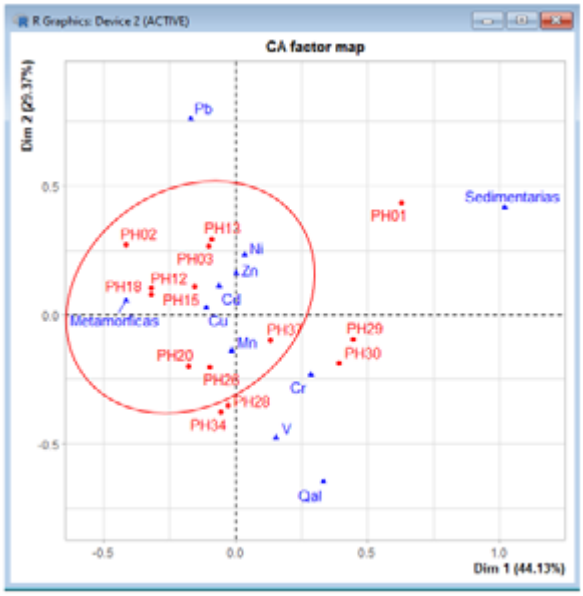


FIGURA 15: Análise de correspondência entre o tipo de rocha e a concentração de metais pesados

Fonte: Arquivo dos autores

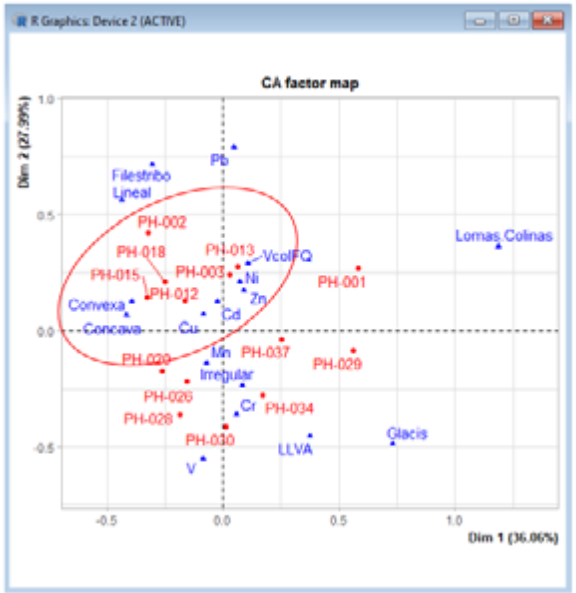


FIGURA 16: Análise de correspondência entre o tipo de relevo a concentração de metais pesados

Fonte: Arquivo dos autores

Da relação entre o tipo de canal e as quantidades residuais de metais pesados determinados nos sedimentos de fundo do rio Aroa, observa-se que nos canais tipo B4, C4 e C6 existem concentrações muito baixas de cromo (Cr), vanádio (V) e manganês (Mn). O canal tipo C5 mostra baixas concentrações desses elementos e nos canais tipo B3 e E5 eles mostram alta correspondência com altos valores de vanádio (V), cromo (Cr) e manganês (Mn), que por sua

vez mostra uma alta correlação inter elementar entre esses três elementos químicos (Figura 17). Outro grupo de metais com alta correlação é composto por chumbo (Pb), níquel (Ni) e cádmio (Cd) que na área de estudo apresentam comportamento semelhante, neste caso nos canais tipo B3, B4, C5, C6 e E5, as concentrações desse grupo de metais são muito baixas, enquanto no canal Aa + são altas a médias, o que deve estar mais associado à cobertura geológica do que ao próprio tipo de canal (Figura 18).

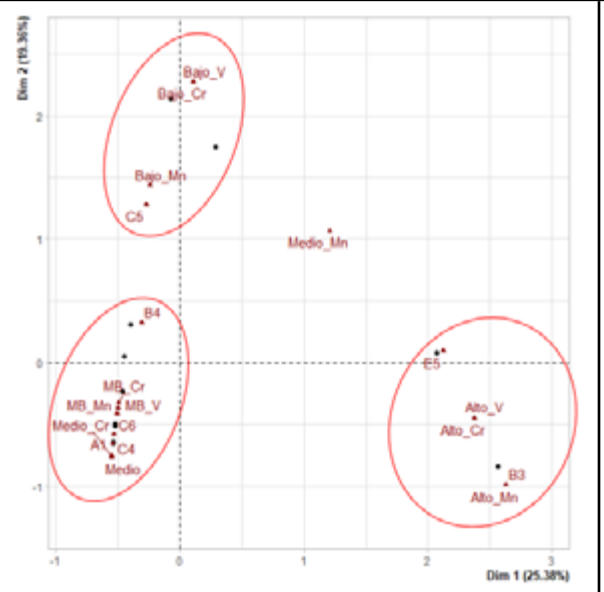


FIGURA 17: Análise de correspondência multiplex entre o tipo de canais e a concentração de Mn, Cr e V

Fonte: Arquivo dos autores

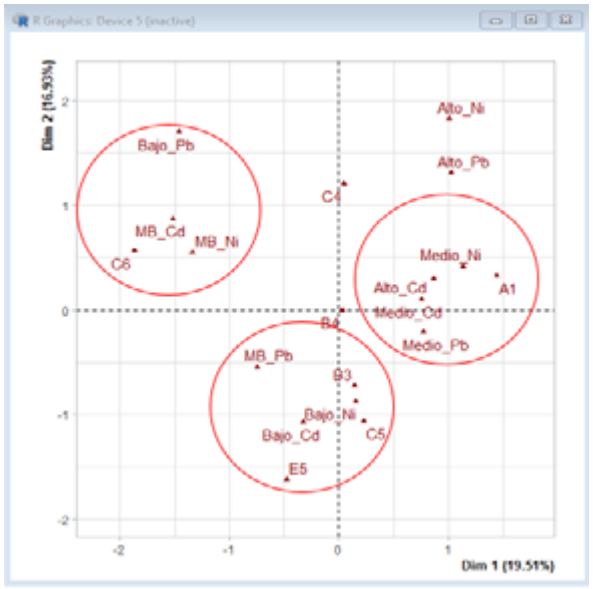


FIGURA 18: Análise de correspondência multiplex entre o tipo de canais e a concentração de Pb, Cd e Ni

Fonte: Arquivo dos autores

5. Conclusões

A concentração de metais pesados nos sedimentos do rio Aroa tem forte correlação com a natureza das rochas metamórficas das formações Aroa, Nirgua e Yaritagua, da mesma forma que se observa a influência das rochas vulcânicas do complexo Yumare que se associa com a formação La Zurda e San Quintín, tudo isso foi corroborado com a análise de correspondência.

A modelagem da paisagem montanhosa com a conformação de encostas côncavas nos relevos xistosos tem alta incidência na captação e posterior mobilização de metais pesados em direção à rede fluvial do rio Aroa, seguida das encostas convexas e relevo de morros . Destaca-se o fato de que a jusante não foi obtido um maior efeito cumulativo nas concentrações de metais pesados, o que sugere que o controle fluvial do tipo de canal é importante, além disso a geoacumulação de metais pesados não é linear, mas depende das características geológicas e características geomorfológicas de cada área de captação em que as amostras de sedimento foram extraídas. Assim as formas de canal fluvial cujas características impõem um controle no acúmulo de maiores quantidades de metais pesados residuais nos sedimentos, sendo os canais do tipo B4 os que mais retêm metais.

Referências

BASU, NB.; DESTOUNI, G.; JAWITZ, JW.; THOMPSON,SE,; LOUKINOVAN, V,; DARRAC, QA. **Nutrient loads exported from managed catchments reveal emergent biogeochemical stationarity**. Geophysical Research, USA, v. 37, n. L23404, p. 1-5. 2010.

BELLIZZIA A. & D. RODRÍGUEZ G. **Guía de la excursión a la región de Duaca-Barquisimeto-Bobare**. *Bol. Geol.*, Caracas, 8(16): 284-309. 1967

BELLIZZIA A. & D. RODRÍGUEZ. G. **Consideraciones sobre la estratigrafía de los estados Lara, Yaracuy, Cojedes y Carabobo.** *Bol. Geol.*, MMH,Caracas, 9(18): 515-563. 1968.

BELLIZZIA A., D. RODRÍGUEZ G. & E. ZAMBRANO. *Mapa geológico de la región de Barquisimeto-Urachiche-RíoTocuyo, estados Lara y Yaracuy*. Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología. Mapa escala 1:100.000. Inédito. (Este mapa no fue publicado, perodebió acompañar el trabajo de: BELLIZZIA A. & D.RODRÍGUEZ-G. 1972. Geología de la región Barquisimeto-Urachiche-Río Tocuyo (Resumen). *Mem.IV Cong. Geol. Venezolano*, Caracas, noviembre 1969. *Bol.Geol.*, Caracas, *Public. Esp*. 5, 1: 93-95). Mapa reproducido en A. BELLIZZIA, D. RODRÍGUEZ, E.ZAMBRANO & J. BUSHMAN. 2012. Mapas geológicos dela región centro occidental de Venezuela. *Rev. Venezolana Cienc. Tierra* (*Geos*), UCV, Caracas, 43: 33-34 + 10 mapas en carpeta 25 de DVD .

BROWN, C.; JUPITER, S.; ALBERT, S.; KLEIN, C.; MANGUBHAI, J.; MAINA, J.; MUMBY, P.; OLLEY, J.; STEWART-KOSTER, B.; VIVITSKAIA, T.; AND WENGER, A. **Tracing the influence of land-use change on water quality and coral reefs using a Bayesian model**. Scientific Report, Australia, n. 7, p. 4740. 2017.

CASSETI, VALTER. **Geomorfologia.** 2005. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~santos/Geomorfologia_Geologia/Geomorfologia_ValterCasseti.pdf. Acesso em: 28 de abril de 2021.

CUENCA, RONALD. **Estudio geoquímico de metales pesados presentes en la fracción limo-arcilla asociada a los sedimentos de fondo de la cuenca del río Aroa, Venezuela.**2017. 127 f. Tese (Licenciatura en Geoquímica) Escuela de Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2017.

DU LAING, G.; DE GRAUWE, P.; MOORS, W.; VANDECASTEELE, B.; LESAGE, E.; MEERS, E.; TACK, FMG.; VERLOO, MG. **Factors affecting metal concentrations in the upper sediment layer of intertidal reedbeds along the river Scheldt.** Journal Environment Monitoring, Great Britain, n. 9, p. 449–455. 2007.

DU LAING, G.; RINKLEBEB, J.; VAN DECASTEELE, B.; MEERSA, E.; TACKA, F. **Trace metal behaviour in estuarine and riverine floodplain soils and sediments**: **A review.** Science of the Total Environment, Belgium, n. 407, p. 3972 – 3985. 2009.

FUJIMOTO, M.; OHTE, N.; TANI, M. **Effects of hillslope topography on hydrological responses in a weathered granite mountain: comparison of runoff properties between the valley-head and the side slope, Japan**. Hydrological Processes, USA, n.22, p. 2581–2594. 2008

FUJIMOTO, M.; OHTE, N [+].; TANI, M. **Effects of hillslope topography on runoff response in a small catchment in the Fudoji Experimental Watershed, central Japan.** Hydrological Processes, USA,n.25, p.1874–1886. 2011.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. Dos S. **Geomorfologia Ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2006.**

JOHNSON, L.B.; RICHARDS, C.; HOST, G.E.; ARTHUR, J.W. **Land scape influences on water chemistry in Midwestern stream ecosystems**. Freshwater Biology, USA, n. 37, p.193–208. 1997.

JORDAN, TE.; CORRELL,D.L,; WELLER, D.E. **Relating nutrient discharges from watersheds to land use and stream flow variability**. Water Resources Research, USA, v.33, n. 11, p.2579-2590. 1997.

MARTÍ, E.; SABATER, F. **High variability in temporal and spatial nutrient retention in Mediterranean streams**. Ecological Society of America, USA, Ecologyv, 77, n. 3, p. 854–869. 1996.

MCCUNE, B.; GRACE, JB. **Analysis of Ecological Communities**. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, USA, n. 289, p. 303 – 305. 2003.

MONTGOMERY, D.R. **Process domains and the river continuum**. JAWRA. Journal of the American Water Resources Association, USA, v. 35, n. 2, p. 397–

MOORE, I.; GESSLER, G.; NIELSEN, A.; PETERSON, G. **Soil attribute prediction using terrain analysis**. Soil Science Society of America Journal, USA, n. 57, p. 443-452. 1993

MOORE, I.; GRAYSON, R.; LADSON, A. **Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications**. Hydrological Processes, Australia, v. 5, p. 3 -30. 1991.

MORESCO, MEZZOMO, MARISTELA. **Aplicação do conhecimento geomorfológico: experiências desenvolvidas por alunos de graduação.** Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.187 – 196, 2012.

MUSOLFF, A.; SCHMIDT, C.; BENNY, S.; JAN, H.; FLECKENSTEIN, J**. Catchment controls on solute export.** Advances in Water Resources, Germany, n. 86, p. 133–146, 2015.

PRADO, RB.; NOVO, EML. **Modelagem do potencial de contribuição da bacia de drenagem para a poluição da qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, São Paulo – Brasil.** Brazil Journal of Biology. Brazil, v.75, n.2, p.314-323. 2015.

RINKLEBE, J.; FRANKE, C.; NEUE, HU. **Aggregation of floodplain soils as an instrument for predicting concentrations of nutrients and pollutants**. Geoderma, Germany, n. 23, p.141-210, 2007.

ROGSEN, DAVID. **A classification of natural rivers.** Wildland Hydrology. Catena, n. 22, p. 169-199, 1994.

SAAD, D.A., BENOY, G.A., AND ROBERTSON, D.M. **Estimates of long-term mean-annual nutrient loads considered for use in SPARROW models of the Midcontinental region of Canada and the United States, 2002 base year.** U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2018–5051, p.14, 2018. https://doi.org/10.3133/sir20185051.

SLIVA, L.; WILLIAMS, D. **Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality**. Water Resources, Great Britain, v. 35, n. 14, p. 3462–3472. 2001.

URBANI, F.;GRANDE, S.; GÓMEZ, A.; MENDI, D.; REÁTEGUI, W.; BAQUERO, M. **Descripción estratigráfica actualizada de algunas unidades geológicas de la región comprendida entre Carora y Cabo Codera, Venezuela**. Revista Venezolana de Ciencias de la Tierra. N. 47, 2015

USGS. **Geologic Shaded Relief Map of Venezuela**. United State Geological Survey. U.S Department of the Interior, UCV and FUNVISIS. 2005.

VARANKA, S.; HJORT, J.; LUOTO, M. **Geomorphological factors predict water quality in boreal rivers.** Earth Surface Processes and Landforms, Finland, n. 40, p. 1989-1999. 2015.

VOGEL, RM.; RUDOLPH, B.; HOOPER, R. **Probabilistic behavior of water-quality loads.** Journal of Environmental Engineering, England, n. 131, p. 1081–1089, 2005.

WILSON, J.; e GALLANT, J. **Digital Terrain Analysis. In: Terrain Analysis: Principles and Applications**, New York, USA, John Wiley and Sons. 2000. p. 1– 28.

ZINCK, ALFRED. **Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales.** ITC Special Lecture Notes Series, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands, p. 123. 2012.

RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRANCO, SUDOESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO

Josiel Dorriguette de Oliveira
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Rua 13 de maio, 330, Cidade Alta, Rio Branco-MT, CEP 78.275-000
E-mail: dorriguette@gmail.com
Celia Alves de Souza
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Rua dos Soteros Quadra 29, Número 12, Jardim Celeste 1, Cáceres-MT, CEP: 78210-715
E-mail: celiaalves@unemat.br
Juberto Babilônia de Sousa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Cáceres - Prof. Olegário Baldo
Rua dos Soteros Quadra 29, Número 12, Jardim Celeste 1, Cáceres-MT, CEP: 78210-715
E-mail: juberto.sousa@cas.ifmt.edu.br

Resumo

A classificação dos solos permite reconhecer suas principais características, possibilitando estabelecer relações com o material de origem, relevo e a paisagem. O objetivo deste estudo foi atualizar as informações pedológicas e estabelecer a relação solo-paisagem na bacia hidrográfica do rio Branco. A metodologia consistiu na análise bibliográfica, coletas em campo e análise de laboratório. Foi realizada a descrição morfológica de solos em 11 trincheiras para atualizar as informações dos estudos anteriores. Realizou-se análises físicas e químicas de solos. Foram descritos os perfis de: Argissolo Vermelho-Amarelo; Cambissolo Háplico; Gleissolo Háplico; Latossolo Vermelho; Neossolo Litólico; Neossolo Quartzarênico; Nitossolo Vermelho; e Plintossolo Háplico. As paisagens foram compartimentadas a partir das unidades de relevo em planalto, serras, depressão e planície fluvial. Na depressão estão as terras mais aptas ao uso. No planalto estão os ambientes com maior fragilidade ambiental.

Palavras-chave: Unidades geológicas. Unidades geomorfológicas. Classificação de solos.

1. Introdução

A noção de paisagem acompanha a humanidade mesmo antes da definição do conceito. A partir da observação do meio, os seres humanos, em diversas culturas, por intermédio da arte e da ciência, já retratavam elementos particulares como animais selvagens, um conjunto de montanhas ou um rio (MAXIMIANO, 2004).

Conforme aponta Aziz Ab'Sáber (2003, p. 9): "[...] as paisagens têm sempre o caráter de heranças de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente".

Santos (2006, p. 67) afirma que "a paisagem existe através de suas formas, criadas em momentos históricos diferentes, porém coexistindo no momento atual". Ab' Saber (2003) pontua que a paisagem é uma herança única, cabendo a toda a sociedade a responsabilidade do uso racional e, consequentemente, de sua preservação.

Reconhecer e entender a paisagem como elemento-chave dos estudos espaciais permite ao pesquisador estabelecer limites e associações de processos geográficos (geologia, solo, relevo e ação humana etc.), fundamentais para a compreensão da realidade (FELIX, 2018).

Como apontam Resende et al. (2014, p. 151) " a paisagem é a expressão resultante da atuação dos fatores representados no tetraedro (clima, solo, organismos e aspectos socioeconômicos".

O solo é elemento básico à produção de alimentos; porém, mesmo com o grande avanço da produtividade mundial, a nutrição humana continua em crise. Embora o número daqueles que passam fome no mundo tenha diminuído 21% desde 1990, pelo menos 805 milhões de pessoas ainda padecem pela falta de alimento (DUXBURY; LYONS; BRUULSEMA, 2015).

No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) da Embrapa (2018) o solo é definido como:

O solo que classificamos é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (EMBRAPA, 2018, p. 19).

O solo é organizado em camadas/horizontes, que se distinguem do material de origem devido às adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria (EMBRAPA, 2018). O SiBCS da Embrapa (2018) realiza a classificação dos solos por intermédio da face do pedon, que é o corpo tridimensional do solo que vai da superfície até o contato com o material de origem.

A classificação favorece a compreensão de que os cinco fatores de formação dos solos (material de origem, relevo, clima, organismo e tempo), descritos por Lepsch (2016), interagem, originando os diversos tipos de solos.

A descrição morfológica é essencial para verificar feições que não poderiam ser observadas em laboratório, assim como no laboratório são respondidas às questões que não podem ser observadas em campo. "Constatações de campo e de laboratório tendem a se complementar" (SANTOS et al., 2015, p. 3).

Conforme apontam Resende et al. (2014) a representação dos levantamentos de solos em mapas se torna um modo eficiente e simples de representar a espacialidade através das generalizações, sobretudo no Brasil, onde fatores ecológicos (clima, solo e organismos) variam tanto, mesmo em áreas pequenas. Os mapeamentos de solos são realizados em diversas escalas a depender dos objetivos pretendidos.

A pedogênese é determinada pelo tempo de exposição do solo. Essa exposição é controlada pela erosão por unidade de tempo, a qual, por sua vez, é influenciada pelo relevo. É importante ressaltar que a inter-relação entre solo e relevo reflete nas propriedades físicas e químicas do solo.

Glaesner, Helming e Vries (2014) detectaram que a erosão traz danos locais ao ocasionar a redução da produtividade e a perda de solo superficial rico em matéria orgânica e nutrientes, mas também danos externos, tais como: bloqueio de infraestrutura e canais de drenagem, danos materiais aos proprietários, poluição dos canais de drenagem e destruição de habitats da vida selvagem. Os autores acrescentam ainda que as principais pressões que ocasionam a erosão são: gradear a terra, manejo inadequado, desmatamento, pastagem excessiva, queimadas florestais e obras de infraestrutura.

Resende et al. (2014, p. 152) esclarecem que "o relevo está intimamente ligado ao fator tempo na gênese dos solos". Os autores afirmam ainda que, nas áreas mais velhas do relevo brasileiro, são encontradas as altas chapadas onde há solos mais velhos e lixiviados, geralmente recobertos por Cerrado; ás áreas mais rejuvenescidas são geralmente baixas e, na maioria das vezes, mais acidentadas, onde predominam solos jovens.

O estudo objetivou atualizar as informações dos mapeamentos pedológicos anteriores e estabelecer a relação solo-paisagem na bacia hidrográfica do rio Branco, contribuinte do rio Paraguai, no estado de Mato Grosso.

2. Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Branco (BHRB) localiza-se entre as coordenadas geográficas de 14º 59' 00" a 15º 20'00" de latitude Sul e 57º 58'00" a 58º 26'00" de longitude Oeste, com área de aproximadamente 1.027,80 km² (Figura 1). Tem sua nascente principal na Chapada dos Parecis, mais precisamente na comunidade Rio Branquinho, município de Reserva do Cabaçal, passando pelo perímetro urbano de Salto do Céu e Rio Branco e desaguando a esquerda do rio Cabaçal, no município de Lambari D'Oeste, MT. Possui cerca de 100 afluentes, sendo o principal deles o córrego Bracinho.

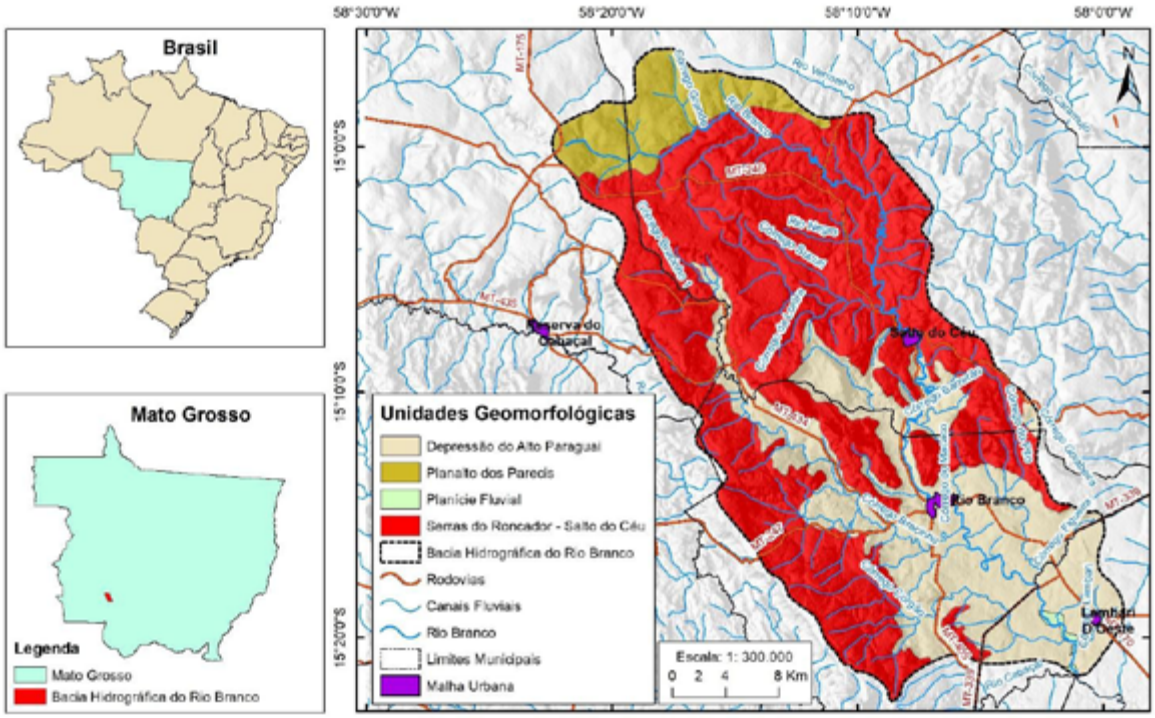


FIGURA 1: Mapa de localização, com a descrição das unidades geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Branco, Mato Grosso.
Fonte: Elaboração dos autores

3. Metodologia

A pesquisa foi realizada em três etapas: atividade de gabinete, atividade de campo e atividade de laboratório.

3.1 Atividade de gabinete

Realizou-se o levantamento e o estudo de material bibliográfico e cartográfico. Para Marconi e Lakatos (2007), uma pesquisa desenvolvida com base em materiais elaborados é constituída principalmente de livros e de artigos científicos. Além dessas consultas, foram analisados dados secundários como os do IBGE, do Projeto RADAMBRASIL e da Secretaria de Planejamento de Mato Grosso (SEPLAN).

Através dos dados secundários e primários foram elaborados os mapas de localização contendo a compartimentação geomorfológica na escala de 1:300.000 e o mapa simplificado de solos na escala de 1:350.000.

3.2 Atividades de campo

3.2.1 Classificação e coleta de amostras de solos e atualização dos mapas

Conforme aponta o IBGE (2015):

Os levantamentos pedológicos têm objetivos diversificados, desde a geração de conhecimentos sobre o recurso solo de um país ou região, até o planejamento de uso da terra para diversos fins, em nível de propriedade. O objetivo principal de um levantamento pedológico é subdividir áreas heterogêneas em parcelas mais homogêneas, que apresentem a menor variabilidade possível, em função dos parâmetros de classificação e das características utilizadas para distinção dos solos (IBGE, 2015, p. 348).

Na bacia hidrográfica do rio Branco, foram identificados três mapeamentos pedológicos: Projeto RADAMBRASIL (Brasil,1982) na escala de 1:1.000.000, Embrapa (1982) na escala de 1:500.000 e SEPLAN/CNEC (2000) na escala de 1:250.000. Diante das informações contidas nesses mapeamentos, foram realizadas visitas *in loco* para selecionar as áreas nas quais foram abertas as trincheiras para descrição morfológica dos solos com objetivo de atualizar as informações presentes nos estudos citados e estabelecer a relação entre solo-paisagem ao longo da bacia.

Para selecionar o local das trincheiras, foi observada a disposição do relevo, a paisagem, a vegetação e a geologia local. Santos et al. (2015, p. 3) destacam que: *"*O solo apresenta características externas próprias (morfologia) que precisam ser estudadas e descritas com critério, uma vez que a partir delas se tem uma visão integrada do solo na paisagem".

A seleção dos locais para as descrições dos perfis e coleta de material para levantamento de solos deve ser conforme indicam os autores (representativos e que permitam a caracterização da unidade de mapeamento). "Por isso, a seleção do local só deve ser feita após o reconhecimento da área, o que só se verifica com a intensidade do trabalho de campo*"* (SANTOS et al., 2015, pág. 7).

Diante das informações dos mapas de solo existentes e das observações em campo, foram definidos 11 pontos representativos para efetuar a descrição morfológica de perfis de solo ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Branco (BHRB), sendo duas mini trincheiras, seis barrancos de estrada e três em erosões. As localizações das trincheiras foram inseridas no mapa pedológico a fim de demonstrar a espacialização entre as amostragens.

Após a descrição dos perfis, foi realizada a coleta de amostras dos horizontes para a realização das análises físicas (granulometria) e químicas. As análises foram realizadas conforme orientação do manual de métodos de análises de solo da Embrapa (2017).

3.3. Atividades de laboratório

3.3.1 Análise granulométrica e química de solos

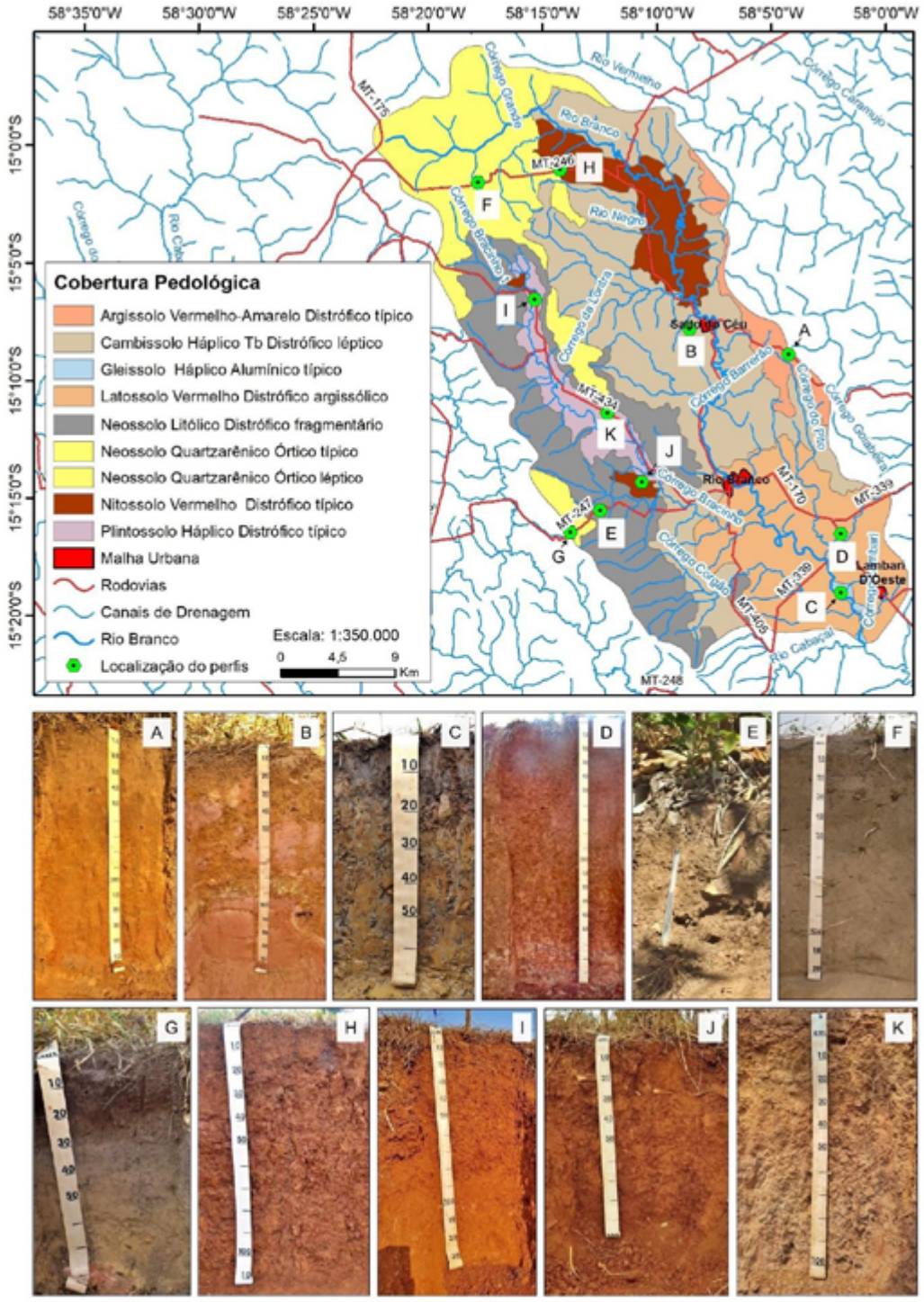
As análises granulométricas foram efetivadas para determinar os teores de silte, argila e areia, para determinar a classe textural e a relação areia, silte e argila presente em cada um dos horizontes do perfil, como complemento à classificação dos solos. As análises químicas determinaram as variáveis: acidez ativa (pH em H2O e em KCl 1 mol L-1), acidez potencial, matéria orgânica, fósforo disponível, potássio trocável, cálcio trocável, magnésio trocável e alumínio trocável. Foram calculados: soma de bases, capacidade de troca de cátions (efetiva e a pH 7,0), saturação por bases e saturação por alumínio. As análises foram realizadas conforme orientação do manual de métodos de análises de solo (EMBRAPA, 2017).

4. Resultados e discussões

4.1 Cobertura pedológica

Foram mapeadas as seguintes coberturas pedológicas na bacia hidrográfica do rio Branco: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico-PVAd; Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico-CXBd; Gleissolo Háplico Ta Alumínico típico-GXva; Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico típico-LVAa; Latossolo Vermelho Distrófico argissólico-LVd; Neossolo Litólico Distrófico fragmentário-RLd; Neossolo Quartzarênico Órtico típico-RQo[1]; Neossolo Quartzarênico Órtico léptico-RQo[2]; Nitossolo Vermelho Distroférrico típico-NVdf; e Plintossolo Háplico Distrófico típico-FXd (Figura 2).

FIGURA 2: Mapa simplificado da cobertura pedológica na BHRB, com a apresentação dos perfis descritos e o local das trincheiras.



Fonte: Elaboração dos autores

No Neossolo Quartzarênico, Neossolo Litólico, Cambissolo Háplico e no Plintossolo Háplico predominou a fração areia. No Nitossolo Vermelho, Agrissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo predominou no horizonte diagnóstico a fração argila (Tabela 1).

Tabela 1
Características físicas dos perfis de solos estudados, BHRB, Mato Grosso

Horizonte	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Silte/argila	Textura
	(cm)		.....kg/dm³.....			
			Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico – (Perfil 08)			
Ap	0-21	820	60	120	0,5	Areia- franca
AB	21-50	780	60	160	0,375	Franco- arenosa
Bt1	50-129	560	80	360	0,222	Franco- argiloarenosa
Bt2	129-160	400	100	500	0,2	Argila
Bt3	160-198+	380	80	540	0,148	Argila
			Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico (Perfil 7)			
Ap	0-10	720	80	200	0,4	Franco-arenosa/Franco-argiloarenosa
Bic 1	10-20	660	120	220	0,545	Franco-argiloarenosa
Bic 2	20-50	620	140	240	0,583	Franco-argiloarenosa
			Gleissolo Háplico Ta Alumínico típico (Perfil 06)			
Ap	0-5	380	340	280	1,214	Franco-argilosa
ACg	05-17	340	320	340	0,941	Média-siltosa
Cg1	17-30	380	300	320	0,937	Franco-argilosa
Cg2	30-70+	180	340	480	0,708	Argila
			Latossolo Vermelho Distrófico argissólico (Perfil 03)			
Ap	0-21	540	200	260	0,769	Franco-argilo-arenosa
BAc	21-50	300	180	520	0,346	Argila
Bw	50-129	320	180	500	0,36	Argila
BC	129-160	400	200	400	0,5	Franco-argilosa/Argila
Cr	160-198+	280	280	440	0,636	Argila
			Neossolo Litólico Distrófico fragmentário (Perfil 04)			
O						
Ap	0-8	860	40	100	0,4	Areia-franca
			Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Perfil 01)			
Ap	0-12	925	4	71	0,056	Areia
C1	55-88	915	6	79	0,076	Areia
			Neossolo Quartzarênico Órtico léptico (Perfil 05)			
Ap	0-10	880	20	100	0,2	Areia
AC	10-30	880	40	80	0,5	Areia
C	30-69	860	60	80	0,75	Areia-franca
Cc	69-78+	840	60	100	0,6	Areia-franca
			Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (Perfil 02)			
Ap	0-19	407	193	400	0,482	Argila
Bt1	19-42					
Bt2	42-75	262	283	455	0,622	Argila
Bt3	75-110+					
			Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (Perfil 09)			
Ap	0-15	520	180	300	0,6	Franco argilo arenosa
AB	15-30	480	160	360	0,44	Franco argilo arenosa
Bt	30-100	340	120	540	0,222	Argila
2Btc	110-135+	440	140	420	0,333	Argila
			Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (Perfil 11)			
Apc	0-10	680	100	220	0,454	Franco argilo arenosa
AB	10-30	680	100	220	0,454	Franco argilo arenosa
Bt1	30-50	480	100	420	0,238	Argila arenosa
Bt2	50-100+	440	80	480	0,166	Argila
			Plintossolo Háplico Distrófico típico (Perfil 10)			
Ap	0-20	680	140	180	0,777	Franco arenosa
Bi	20-47	760	80	160	0,5	Franco arenosa
C1f	47-90	720	80	200	0,4	Franco arenosa
C2f	90-130+	680	100	220	0,454	Franco argilo arenosa

Fonte: Elaboração dos autores

Através dos resultados das análises químicas verifica-se que a saturação por alumínio foi mais elevada nos perfis de Cambissolo, Gleissolo e Plintossolo, sendo esses solos tóxicos para plantas cultivadas. Os melhores índices de fertilidade foram obtidos no Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (Tabela 2).

Tabela 2
Características químicas dos perfis de solos estudados, BHRB, Mato Grosso

Hor.	Prof.	pH		ΔpH	MO	P	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H⁺	T	SB	m	V
		H_2O	KCl												
	(cm)				g dm⁻³	mg dm⁻³	cmol$_c$dm⁻³							%	
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico – (Perfil 08)															
Ap	0-21	5,7	4,6	-1,1	13	1,1	0,07	0,2	0,2	0,1	4,2	4,77	0,47	18	10
AB	21-50	5,6	4,5	-1,1	3	0,5	0,04	0,4	0,3	0,1	1	1,84	0,74	12	40
Bt1	50-129	5,8	4,8	-1	1	0,4	0,02	0,5	0,4	0	2,3	3,22	0,92	0	29
Bt2	129-160	5,6	5,2	-0,4	0	0,5	0,02	0,9	0,1	0	1,6	2,62	1,02	0	39
Bt3	160-198+	5,8	5,7	-0,1	0	0,1	0,03	0,4	0,3	0	1,4	2,13	0,73	0	34
Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico															
Ap	0-10	4,9	3,6	-1,3	28	1,7	0,06	0,1	0,1	1,5	7,4	9,16	0,26	85	3
Bic 1	10-20	4,9	3,7	-1,2	22	0,5	0,03	0,1	0,2	1,5	6,3	8,13	0,33	82	4
Bic 2	20-50	4,9	3,8	-1,1	5	0,7	0,02	0,3	0,3	1,4	4,1	6,12	0,62	69	10
Gleissolo Háplico Ta Alumínico típico (Perfil 06)															
Ap	0-5	4,7	3,4	-1,3	63	8,6	0,02	0,1	0,1	1,6	14,4	16,22	0,22	88	1
ACg	05-17	5	3,3	-1,7	17	10,7	0,04	0,1	0,1	1,5	7,7	9,44	0,24	86	3
Cg1	17-30	5,2	3,4	-1,8	15	8,6	0,05	0,2	0,1	2	6,5	8,85	0,35	85	4
Cg2	30-70+	5,2	3,2	-2	1	0,8	0,03	0,1	0,1	4	5,6	9,83	0,23	95	2
Latossolo Vermelho Distrófico argissólico (Perfil 03)															
Ap	0-21	6,1	4,8	-1,3	34	0,7	0,44	1	0,5	0	3,2	5,14	1,94	0	38
BAc	21-50	5,2	4,2	-1	7	0,5	0,11	0,5	0,4	0,5	5,4	6,91	1,01	33	15
Bw	50-129	5,2	3,9	-1,3	0	0,5	0,05	0,6	0,3	1,6	1,3	3,85	0,95	63	25
BC	129-160	5,3	3,8	-1,5	0	4,5	0,03	0,3	0,3	1,9	1,3	3,83	0,63	75	16
Cr	160-198+	5,1	3,7	-1,4	0	0,7	0,05	0,2	0,4	3	4,8	8,45	0,65	82	8
Neossolo Litólico Distrófico fragmentário (Perfil 04)															
O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ap	0-8	4,8	3,4	-1,4	75	1,1	0,05	0,5	0,4	1,5	10	12,45	0,95	61	8
Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Perfil 01)															
Ap	0-12	5,2	3,9	-1,3	19	0,2	0,03	0,5	0,1	0,8	3,1	4,53	0,63	56	14
C1	55-88	5,4	4,2	-1,2	15	0,5	0,01	0,4	0,2	0,6	3,3	4,51	0,61	50	14
Neossolo Quartzarênico Órtico léptico (Perfil 05)															
Ap	0-10	5,3	3,8	-1,5	29	4,3	0,03	0,1	0,3	0,8	4,2	5,43	0,43	65	8
AC	10-30	5,2	4	-1,2	27	5,7	0,08	0,3	0,3	0,9	4,4	5,98	0,68	57	11
C	30-69	5,3	4	-1,3	10	0,7	0,08	0,1	0,1	0,8	4,2	5,28	0,28	74	5
Cc	69-78+	5,4	3,9	-1,5	5	0,2	0,02	0,1	0,2	0,7	1,8	2,82	0,32	69	11
Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (Perfil 02)															
Ap	0-19	5,3	4,6	-0,7	94	6,7	0,07	0,8	0,1	0,1	4,4	5,5	1	0,1	17,8
Bt1	19-42	5,6	4,9	-0,7	44	2,9	0,05	1,1	0,1	0	2,9	4,1	1,2	0	30,1
Bt2	42-75	5,8	5,2	-0,6	21	2,8	0,05	1	0,1	0	2,6	3,8	1,2	0	30,7
Bt3	75-110+	5,8	5,2	-0,6	21	2,7	0,05	0,8	0,1	0	2,1	3,1	1	0	31,2
Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (Perfil 09)															
Ap	0-15	5,7	4,8	-0,9	60	1,2	0,15	1,7	1,1	0,1	5,5	8,55	2,95	3	35
AB	15-30	5,6	5,3	-0,3	34	0,8	0,08	1	0,8	0	2,9	4,78	1,88	0	39
Bt	30-100	5,8	5,6	-0,2	22	1,7	0,07	1,2	0,5	0	2,6	4,37	1,77	0	41
2Btc	110-135+	5,8	5,8	0	10	1,5	0,04	0,6	0,3	0	2,4	3,34	0,94	0	28
Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (Perfil 11)															
Apc	0-10	5,6	5,4	-0,2	38	6,9	0,13	1,7	0,9	0	4,1	6,83	2,73	0	40
AB	10-30	5,7	5,3	-0,4	33	3,6	0,09	1,8	0,7	0	4	6,59	2,59	0	39
Bt1	30-50	5,9	5,9	0	19	37,5	0,05	1,5	0,7	0	3,6	5,85	2,25	0	38
Bt2	50-100+	6	5,5	-0,5	12	23,2	0,05	1,4	0,4	0	3,7	5,55	1,85	0	33
Plintossolo Háplico Distrófico típico (Perfil 10)															
Ap	0-20	5	4	-1	20	1,2	0,09	0,4	0,2	1,2	3,4	5,29	0,69	63	13
Bi	20-47	4,9	3,8	-1,1	16	2,7	0,08	0,3	0,1	2,2	3,8	6,48	0,48	82	7
C1f	47-90	4,7	3,7	-1	12	0,5	0,1	0,2	0,2	2,6	3,4	6,5	0,5	84	8
C2f	90-130+	4,8	3,8	-1	5	0,5	0,09	0,3	0,1	2,8	2,3	5,59	0,49	85	9

Fonte: Elaboração dos autores

4.1.1 Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico – (Perfil 08)

Na área de ocorrência do LVA as altitudes variam de 350 a 550 m cujo relevo possui formas convexas no Planalto Dissecado dos Parecis (Serras Roncador – Salto do Céu). O Grupo Rio Branco forma a litologia local composta por rioda-citos, andesitos e dacitos. Foi identificado por Souza et al. (2017) afloramento de granito pórfiro nas proximidades do perfil.

O relevo no local é suave ondulado e o regional ondulado a forte ondulado. A erosão é ligeira e aparente e o terreno bem drenado. O clima é definido como Aw, da classificação de Köppen.

4.1.2 Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico (Perfil 07)

Presente na Serra do Roncador – Salto do Céu, está situado em relevo composto por superfície estrutural tabular, patamares estruturais, formas tabulares e formas convexas que variam de 270 a 560 m de altitude

As Serras Roncador – Salto do Céu, na parte leste do compartimento pedológico, compreendem geologicamente o grupo Rio Branco onde se localiza a Serra Fortuna, com formas convexas. As áreas de menor altitude estão sobre a Formação Vale da Promissão onde são encontradas formas convexas. A Formação Morro Cristalino ocupa a porção oeste do compartimento e apresenta superfície estrutural tabular, patamares estruturais e formas tabulares.

A litologia é composta pela Formação Morro Cristalino (metarenitos feldspáticos e ortoquartzíticos, metarcóseos com finas intercalações de metassiltitos e ardósias) e Formação Vale da Promissão (metassiltitos, filitos, ardósias e metarenitos).

4.1.3 Gleissolo Háplico Ta Alumínico típico (Perfil 06)

Originado a partir da alteração das rochas do Grupo Aguapeí (metarenitos e metassiltitos), transportados e depositados em planície fluvial próxima ao exultório do rio Branco.

Corresponde geomorfologicamente à planície fluvial, constituindo-se o menor compartimento pedológico da bacia hidrográfica do rio Branco, ocupando apenas 0,34% da área. Apresenta as menores elevações da bacia, variando entre 157 e 166 m de altitude. A geologia é composta por aluviões atuais originados da acumulação de sedimentos oriundos das partes mais elevadas da bacia. Sendo uma pequena área próxima à foz do rio Branco, forma o relevo mais homogêneo entre os compartimentos, apresentando terreno relativamente plano.

4.1.4 Latossolo Vermelho Distrófico argissólico (Perfil 03)

O solo tem como origem a alteração das rochas de metassiltitos sericiticos intercalados com diabásio e gabro que formam a litologia local.

A altitude da cobertura pedológica varia de 156 a 520 metros na Depressão do Alto Paraguai onde o relevo é composto principalmente por pediplano inumado; contudo, também são encontradas formas convexas.

A Depressão do Alto Paraguai compreende a área drenada pelo alto curso do rio Paraguai e seus afluentes, com relevo pouco dissecado e com pequenos caimentos topográficos de norte a sul. A Depressão do Alto Paraguai drena o rio Branco a partir da cidade de Salto do Céu até sua foz.

As unidades geológicas são compostas por: Grupo Rio Branco (riodacitos, andesitos e dacitos); Formação Vale da Promissão (metassiltitos, filitos, ardósias e metarenitos subordinados) e Formação Pantanal (sedimentos finos e grosseiros semi consolidados).

4.1.5 Neossolo Litólico Distrófico fragmentário (Perfil 04)

Encontrado em 17,92% da bacia sob as Serras do Roncador – Salto do Céu, está situado em relevo composto por superfície estrutural tabular e formas tabulares com altitudes entre 220 a 650 m. A litologia é composta principalmente pela Formação Fortuna (metarenitos quartzosos e feldspáticos, com níveis conglomeráticos, metaconglomerados oligomíticos), em menor área de abrangência, porém, encontra-se o Grupo Rio Branco (riodacitos, andesitos e dacitos) e as Formações Vale da Promissão (metassiltitos, filitos, ardósias e metarenitos

subordinados) e Morro Cristalino (metarenitos feldspáticos e ortoquartziticos, metarcóseos com finas intercalações de metassiltitos e ardósias).

4.1.6 Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Perfil 01)

O relevo possui formas convexas, com dois patamares da Chapada dos Parecis, sendo o Planalto dos Parecis e o Planalto Dissecado dos Parecis (Serras Roncador-Salto do Céu); a altitude do terreno varia entre 500 a 705 m.

O perfil descrito como Neossolo Quartzarênico Órtico típico está a uma altitude de 554 metros, originado a partir da alteração das rochas de arenito ortoquartzitos que formam a litologia local.

4.1.7 Neossolo Quartzarênico Órtico léptico (Perfil 05)

A cobertura pedológica de Neossolo Quartzarênico Órtico léptico é encontrado no topo da serra de Monte Cristo onde ocorre em área de relevo plano. O perfil descrito como Neossolo Quartzarênico Órtico léptico está a uma altitude de 552 metros, originado a partir da alteração das rochas de arenito e metarenitos.

O baixo caimento topográfico favorece a mecanização, a textura areia aliada ao baixo caimento topográfico cria condições à infiltração das águas pluviais. No ambiente, não foram identificadas faces erosivas expressivas como no Neossolo Quartzarênico Órtico típico, presente na cabeceira de drenagem; no entanto, é necessário ressaltar que são áreas frágeis, sendo necessária a adoção de práticas conservacionistas e a manutenção do solo coberto sempre.

4.1.8 Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (Perfil 02)

Encontra-se na Serra do Roncador – Salto do Céu, com relevo caracterizado por formas convexas, que variam de 680 a 340 m de altitude. A litologia pertence ao Grupo Rio Branco, constituída de diabásios e gabros.

O Nitossolo Vermelho Distroférrico típico descrito está a uma altitude de 534 metros, originado a partir da alteração das rochas supracitadas.

4.1.9 Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (Perfil 09)

Localizado na Depressão do Alto Paraguai e Serras do Roncador – Salto do Céu, está situado em relevo caracterizado como pediplano inumado e formas convexas que variam entre 555 e 453 m de altitudes; com ocorrência litológica das formações Fortuna e Vale da Promissão. Durante a descrição do perfil, foi identificada baixa atração magnética do solo no perfil, evidenciando que a área com predominância do Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (NVdf) seja pertencente ao Grupo Rio Branco composto por diabásio e gabro.

O perfil descrito está situado a uma altitude de 476 metros, originado a partir da alteração das rochas de diabásio, gabro e metarenitos (presente na linha de pedra de 5 cm de diâmetro no topo do horizonte 2Btc).

4.1.10 Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (Perfil 11)

Situado na Depressão do Alto Paraguai, está situado em relevo caracterizado como pediplano inumado que varia entre 313 e 205 m de altitudes; com ocorrência litológica do Grupo Rio Branco composto por diabásio e gabro.

O perfil descrito está situado a uma altitude de 262 metros, originado a partir da alteração das rochas de diabásio e gabro.

4.1.11 Plintossolo Háplico Distrófico típico (Perfil 10)

O Plintossolo Háplico Distrófico típico ocupa uma área de 46,58 km², o que corresponde a 4,54% do total da bacia. Situa-se na Formação Vale da Promissão, constituída de metassiltitos, filitos, ardósias e metarenitos subordinados.

Localizado na Depressão do Alto Paraguai, apresenta relevo caracterizado como pediplano inumado no vale do alto e médio curso do córrego Bracinho. O perfil descrito está a uma altitude de 409 metros, originado a partir da alteração das rochas de metassiltitos presente na litologia local.

4.2 Unidades geomorfológicas e a relação solo-paisagem

Na bacia hidrográfica do rio Branco, as unidades geomorfológicas são definidas como Planalto dos Parecis (7,81%), Serras do Roncador-Salto do Céu (61,16), Depressão do Alto Paraguai (30,73%) e Planícies Fluviais (0,30%) (Figura 3).

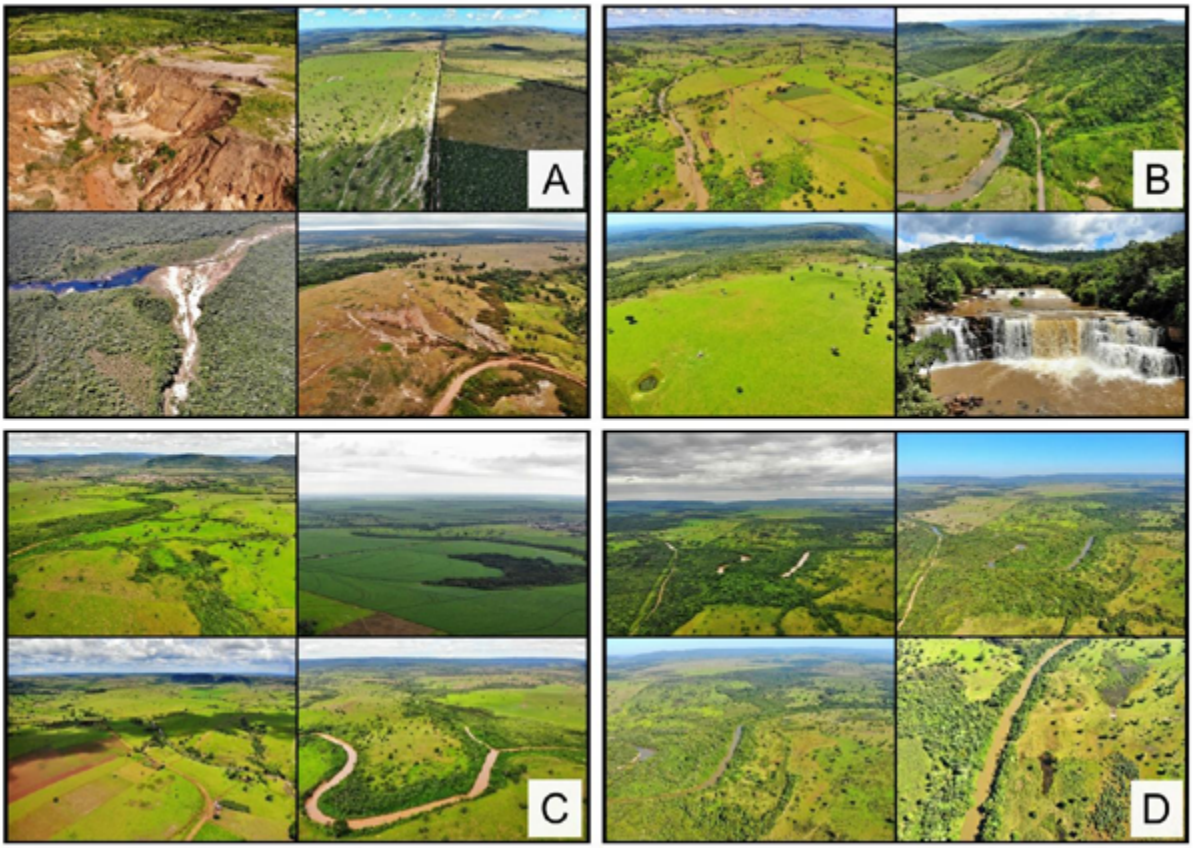


Figura 3: Paisagens encontradas nas unidades geomorfológicas da BHRB, Mato Grosso. Legenda: A) Planalto dos Parecis; B) Serras do Roncador – Salto do Céu; C) Depressão do Alto Paraguai; D) Planície Fluvial.
Fonte: Arquivo dos autores

4.2.1 Depressão do Alto Paraguai

Na Depressão do Alto Paraguai predominam o Latossolo Vermelho Distrófico argissólico e o Plintossolo Háplico Distrófico típico. Nessas paisagens a vegetação nativa geralmente foi suprimida e possui uso diversificado, predominando a ocorrência de pastagens cultivadas. Também a o cultivo de cana-de-açúcar e a silvicultura.

A Depressão do Alto Paraguai compreende uma extensa área drenada pelo alto curso do rio Paraguai e seus afluentes. Corresponde a uma superfície de relevo pouco dissecado com pequeno caimento topográfico de norte a sul, apresentando-se rampeada em sua seção oeste, geralmente associado a sedimentos finos, encontrados no Pantanal. Sua altimetria oscila entre 120 e 300 m. A noroeste, seu limite é demarcado pelas faldas do Planalto Dissecado dos Parecis e pela serra do Roncador, pertencente ao mesmo planalto (BRASIL, 1982; ROSS 1985).

Por possuir os terrenos em geral mais baixos da bacia, são poucas as nascentes encontradas nessa compartimentação. Seguindo a classificação proposta por Guerra e Guerra (2008), os vales apresentam-se com fundo côncavo nos relevos mais movimentados da Depressão do Alto Paraguai e de fundo chato nas áreas mais planas (principalmente no vale do Rio Branco).

4.2.2 Planalto dos Parecis

Nessa unidade geomorfológica predomina o Neossolo Quartzarênico Órtico típico. Predominam nas paisagens as pastagens cultivadas destinadas a bovinocultura, a falta de adoção de práticas conservacionistas, somados a fragilidade ambiental natural dessa unidade do relevo vem ocasionando o surgimento de diversas voçorocas, que vem impactando de forma negativa os canais de drenagem.

Segundo Curvo (2008), essa unidade do Planalto Sedimentar dos Parecis corresponde principalmente às áreas pediplanadas, amplas superfícies tabulares erosivas e interflúvios tabulares com altitude em torno de 600 m.

Constitui-se litologicamente de arenitos do Grupo Parecis, os quais apresentam acamamento plano-paralelo, caracterizando sua homogeneidade topográfica. Nessa porção do relevo, está localizada a cabeceira de drenagem do rio Branco.

4.2.3 Serras do Roncador-Salto do Céu

Nas áreas de serras onde o relevo é mais suave e o material de origem é originário de rochas magmáticas, predominam o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico e o Nitossolo Vermelho Distrófico típico. No topo da Serra de Monte Cristo, tendo como material de origem o arenito, predomina o Neossolo Quartzarênico Órtico léptico. Nas áreas com declividades mais acentuadas, predominam o Neossolo Litólico Distrófico fragmentário e o Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico tendo como material de origem as rochas sedimentares do Grupo Aguapeí.

Nas áreas onde predomina o Neossolo Litólico Distrófico fragmentário a limitação ao uso contribuiu para a preservação da vegetação nativa, dominando na paisagem a cobertura por Cerrado. Nas áreas com declividades mais acentuadas nas serras são encontrados remanescentes florestais. Nos ambientes com relevo menos movimentado predominam as pastagens cultivadas destinadas a bovinocultura.

A principal característica dessa subunidade do Planalto Dissecado dos Parecis é a sua continuidade e relativa homogeneidade, com predominância de formas dissecadas e tabulares. Para Curvo (2008), o Planalto Dissecado dos Parecis é uma das porções mais desgastadas da Chapada dos Parecis, estando em situação altimétrica inferior ao Planalto do Parecis, variando entre 200 m e 440 m de altitude.

Constitui-se de rochas cristalinas de modo geral e corresponde a uma rampa dissecada elaborada em litologias pré-cambrianas, pertencentes à Plataforma do Guaporé. As litologias pré-cambrianas configuram-se, na parte nordeste, alinhamentos estruturais esculpidos em rochas ígneas do Grupo Rio Branco e metassedimentares do Grupo Aguapeí (BRASIL, 1982).

4.2.4 Planícies Fluviais

As planícies ocupam o extremo sul da bacia próximo a confluência entre os rios Branco e Cabaçal. Predomina o Gleissolo Háplico Alumínico típico tendo como material de origem os sedimentos oriundos das áreas mais elevadas da bacia. Compõem a paisagem as pastagens cultivadas destinas a bovinocultura e a vegetação ciliar as margens do rio Branco e seus afluentes.

As planícies fluviais compreendem uma área de 3,08 km^2 na região do exultório do rio Branco, correspondendo a 0,30% da área da bacia. Não foram encontradas nascentes no compartimento, no qual se encontra a foz do rio Branco, na margem esquerda do rio Cabaçal. O caimento topográfico é reduzido, fazendo a velocidade do fluxo reduzir-se no período de estiagem; entretanto, a presença de grande quantidade de fragmentos de rochas e materiais detríticos no leito do rio Branco evidencia que, durante as cheias, a velocidade aumenta consideravelmente.

5. Considerações finais

Através da descrição morfológica dos perfis de solos, foi possível validar os resultados dos estudos anteriores realizados na bacia hidrográfica do Rio Branco, fazer as atualizações necessárias e elaborar um mapa simplificado de cobertura pedológica. Os solos foram classificados até o quarto nível categórico em: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico; Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico; Gleissolo Háplico Alumínico típico; Latossolo Vermelho Distrófico argissólico; Neossolo Litólico Distrófico fragmentário; Neossolo Quartzarênico Órtico típico; Neossolo Quartzarênico Órtico léptico; Nitossolo Vermelho Distroférrico típico; e Plintossolo Háplico Distrófico típico.

Verificou-se que as voçorocas situadas na cabeceira de drenagem da bacia em cobertura pedológica de Neossolo Quartzarênico Órtico típico, elevam a carga de sedimentos de fundo e, assim, ocasionam o assoreamento dos canais de drenagem.

Na bacia hidrográfica do rio Branco, foram definidas quatro unidades de paisagem, tendo como base em primeiro plano os aspectos geomorfológicos (Planalto dos Parecis, Serras do Roncador – Salto do Céu, Depressão do Alto Paraguai e Planícies Fluviais).

No Planalto dos Parecis predomina o Neossolo Quartzarênico Órtico típico; nas Serras do Roncador – Salto do Céu, predominam Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico, Neossolo Litólico Distrófico fragmentário, Neossolo Quartzarênico Órtico léptico e Nitossolo Vermelho Distroférrico típico; na Depressão do Alto Paraguai predomina o Latossolo Vermelho Distrófico argissólico e Plintossolo Háplico Distrófico típico; e nas Planícies Fluviais o Gleissolo Háplico Alumínico típico.

Os diversos impactos ambientais encontrados ao longo da bacia demonstram a necessidade de projetos de recomposição de áreas degradadas. Os resultados podem orientar os produtores rurais quanto à necessidade de adoção de práticas conservacionistas.

Referências

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD. 21 – Cuiabá: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Secretaria Geral. Rio de Janeiro, 1982.

CURVO, G. A. G. **Caracterização física por meio da abordagem morfopedológica da sub-bacia do córrego Dracena na bacia do Alto Paraguai:** Município de Reserva do Cabaçal, MT. 2008.140 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, Cáceres, MT, 2008.

DUXBURY, J.; LYONS, G.; BRUULSEMA, T. A saúde humana depende dos nutrientes do solo. **Informações Agronômicas.** Nº 150, junho/2015.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade, Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras e Indicação de Culturas em Áreas Homogêneas de Solos de alguns Municípios do Sudoeste do Estado de Mato Grosso**. Rio de Janeiro. 1982. (Boletim de Pesquisa, 17).

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2017.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018.

FÉLIX, Evandro. **Morfologia, morfometria e dinâmica fluvial como subsídio para o planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Cabaçal- MT**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres, 2018. 173 f.

Glæsner, N.; Helming, K.; De Vries, W. Do Current European Policies Prevent Soil Threats and Support Soil Functions? **Sustainability**, 2014.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. G. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**, 2ª edição. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências, 2015.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos, 2016.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MAXIMIANO, L. A. **Considerações sobre o conceito de paisagem**. R. RA´E GA, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004.

RESENDE, M; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; KER, J. C. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Lavras: Editora UFLA, 6ª ed., 2014, 378p.

ROSS, J. L. S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, São Paulo, n. 4, 1985.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço**: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, ed. 4, reimpressão 2, 2006.

SEPLAN/CNEC – Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso/CNEC Engenharia S/A. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CLASSES DE SOLOS, RESULTADOS ANALÍTICOS E CONSIDERAÇÕES SOBRE ERODIBILIDADE DA FOLHA BARRA DO BUGRES, MIR-387 (SD.21-Y-D) -MEMÓRIA TÉCNICA: Parte 2: Sistematização das Informações Temáticas. **NÍVEL COMPILATÓRIO. PROJETO DE DESENVOLVIMENTO AGROAMBIENTAL DO ESTADO DE MATO GROSSO –PRODEAGRO**. CUIABÁ, 2000. Disponível em: http://geoportal.seplan.mt.gov.br/metadados/ srv/api/records/bcf8ea2f-e958-44d8-a8dd-eb59ca780f44/attachments/DSEE-PD-MT-041.pdf

SOUZA, M. Z. A. BATATA, M. E. F.; RUIZ, A. S.; LIMA, G. A.; MATOS, J. B.; PAZ, J. D. S.; COSTA, A. C. D.; SILVA, C. H.; COSTA, P. C. C. **Geologia e recursos minerais da folha Rio Branco**: estado do Mato Grosso. Brasília: CPRM, 2017.

TEORIAS SOBRE A MORFOESCULTURAÇÃO DO RELEVO DA BACIA SEDIMENTAR DE RESENDE E SEU ENTORNO

Ricardo Vaz Leite
NEQUAT – Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno - UFRJ
IGEO – Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Cidade Universitária – Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, CEP 21941-916
E-mail: vazleite@uol.com.br
Fabiana Peres de Freitas
NEQUAT – Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno - UFRJ
IGEO – Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Cidade Universitária – Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, CEP 21941-916
E-mail: fabianafreitas.ufrrj@gmail.com

Resumo

A Bacia Sedimentar de Resende está localizada no sul-fluminense. Esta unidade geomorfológica encontra-se inserida Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozoicas e por sua vez na Unidade Morfoescultural Tabuleiros de Bacias Sedimentares. Faz parte conjuntamente com as bacias sedimentares de Volta Redonda, Taubaté e São Paulo do Rift Continental do Sudeste Brasileiro. Diversos trabalhos tratam de sua origem, da sua estratigrafia e atividades tectônicas e neotectônicas que nela atuaram e atuam. O objetivo deste artigo é descrever as principais correntes do pensamento geomorfológico que explicam os processos morfoescultores do relevo da região. Estes processos podem ser agrupados em quatro grandes grupos: Corrente Glacial, Corrente Geomorfológica, Corrente Morfoclimática e Corrente Geoquímica.

Palavras-chave: Corrente Glacial, Corrente Geomorfológica, Corrente Morfoclimática, Corrente Geoquímica**.**

1. Introdução

A Bacia Sedimentar de Resende está localizada em pleno Rift Continental do Sudeste Brasileiro (Riccomini 1990), abrangendo os municípios fluminenses de Resende, Itatiaia, Porto Real e Quatis.

A Região é estudada desde o final do século XIX por acadêmicos e cientistas estrangeiros que vieram ao Brasil em missões para descrever o relevo, a geografia e a geologia do Império. No início do século XX, acadêmicos nacionais se juntaram aos pesquisadores estrangeiros para o estudo desta região. Região esta, que serviu de escola para a elaboração de diversas teorias geomorfológicas. Está implícito na maioria destas teorias a gênese tectônica da morfoestrutura e a variação do nível de base, ligada à glaciação, mais precisamente às varrições climáticas devidas à glaciação. Os primeiros estudiosos europeus viram na região evidências de erosão glacial. Estes pesquisadores acostumados à geomorfologia europeia veem evidências e litologias desta origem, principalmente, no planalto do Itatiaia e nos depósitos rudáceos no piemonte do maciço. A Corrente Geomorfológica interpreta o relevo como evolução dos processos erosivos e da erosão fluvial em litologias diferenciadas, atuando a tectônica apenas como processo gerador do paleorrelevo. Quando pesquisadores juntam a alternância climática, períodos glacias e interglaciais, ocorridos no Quaternário com eventos neotectônicos, tem-se a Corrente Morfoclimática. Já a Corrente Geoquímica, retomada recentemente, traz a evolução da cobertura pedológica sobre as rochas sedimentares.

É importante ressaltar, que as observações precisas sobre o relevo feitas pelo geógrafo De Martonne, nos anos 1940 quando de sua passagem pelo país, foram ampliadas e serviram de base para todas as correntes de pensamento geomorfológico exposto.

2. Caracterização da área de estudo

Situada no médio curso do rio Paraíba do Sul, a bacia sedimentar de Resende é uma depressão de origem tectônica preenchida por sedimentos terciários, com idade eocênica-oligocênica, cobre uma superfície de cerca de 240 km² e constitui um segmento do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) abrangendo os municípios de Quatis, Porto Real, Resende, Itatiaia e parte de Barra Mansa, no extremo sul do estado do Rio de Janeiro. As circunstâncias de deposição da bacia de Resende ocorreram em ambiente fluvial e de leques aluviais. Esta bacia é subdividida em três unidades litoestratigráficas: Formação Ribeirão dos Quatis, Formação Resende e Formação Floriano.

A bacia forma uma depressão tectônica embutida entre o maciço de Itatiaia, com 2.787m de altitude no seu ponto mais elevado (pico das Agulhas Negras), na serra da Mantiqueira e a serra da Bocaina com altitude aproximada de 2.100m. Sua largura média é de 4,5 km, sendo a máxima de 7,3 km a oeste da cidade de Resende e mínima de 1,2 km a oeste da cidade de Itatiaia. A superfície de afloramento das rochas sedimentares terciárias e dos sedimentos quaternários é de cerca de 240 km² (Ramos et al., 2006). A figura 1 propicia uma visualização da localização da bacia de Resende no estado do Rio de Janeiro.

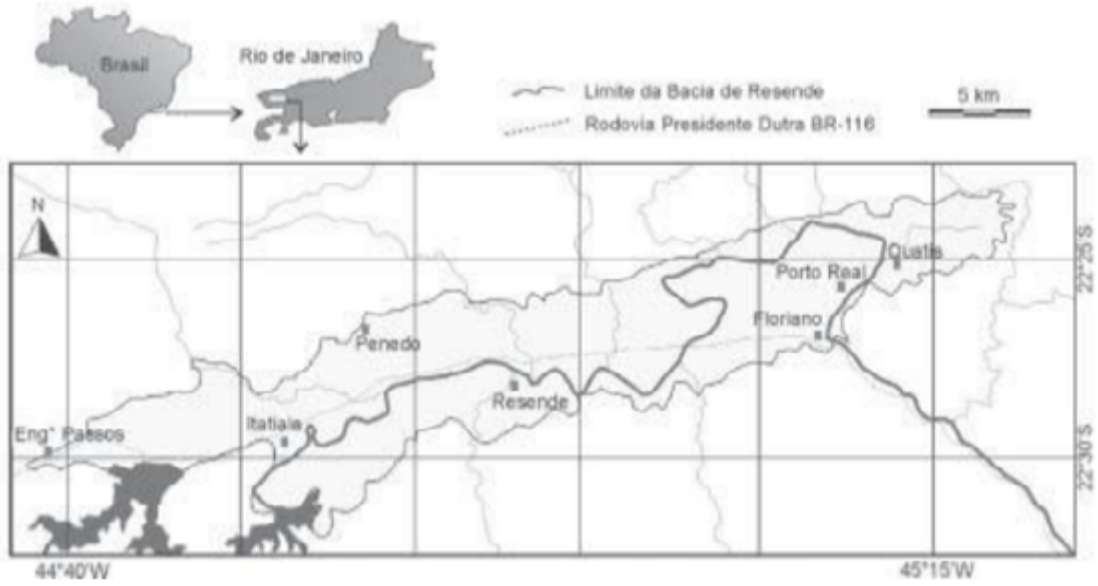


Figura 1: Mapa de localização da bacia de Resende.
Fonte: Ramos et al. (2006)

O Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), de idade paleógena, constitui uma área alongada e deprimida com pouco mais de 900 km de comprimento, desenvolvida entre as cidades de Tijucas do Sul, no Estado do Paraná, e a área submersa defronte Macaé, no Estado do Rio de Janeiro. O RCSB pode ser dividido em três segmentos, a bacia sedimentar de Resende está localizada no segmento central, assim como as bacias de São Paulo, Taubaté e Volta Redonda (Riccomini et al., 2004).

A formação do RCSB estaria relacionada à abertura do oceano Atlântico, tendo em vista que os processos de afinamento da crosta e a acumulação de sedimentos na Bacia de Santos teriam determinado, durante o final do Cretáceo e o início do Paleógeno, um acentuado desequilíbrio isostático entre as áreas continental e oceânica. Esforços extensionais proporcionaram a reativação de zonas de cisalhamento proterozóicas formando hemigrabens que receberam um volume significativo de sedimentos. Essa tectônica geradora de blocos altos e baixos formou na bacia de Resende três depocentros, um a oeste da soleira de Resende que possui profundidade estimada entre 300 e 500m, chamado depocentro Penedo, outro a leste com profundidade em torno de 300m, denominado de depocentro Porto Real e o terceiro e menor depocentro, Quatis de profundidade inferior a 300 metros. (Ramos et al., 2005).

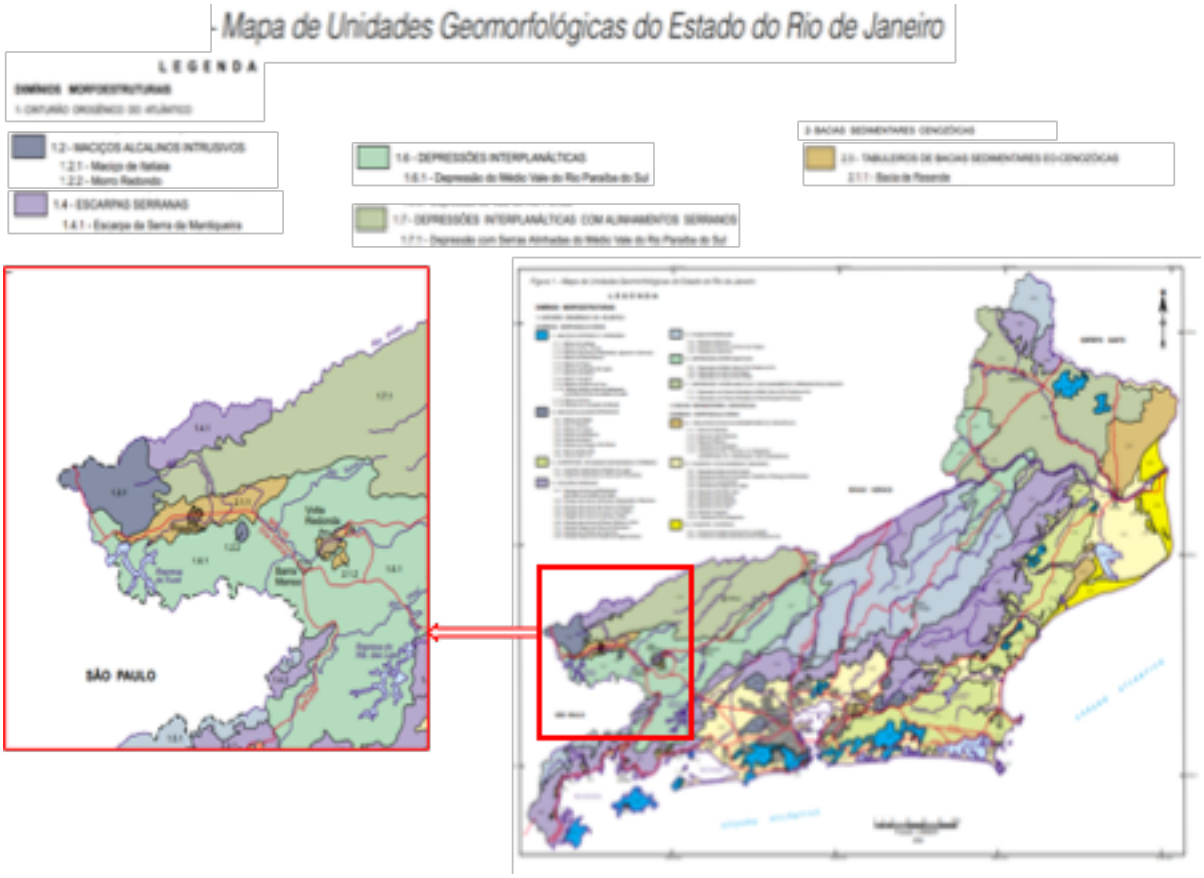


Figura 2: Mapa de Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro, Dantas 2000.

Segundo o Mapa Geomorfológico do estado do Rio de Janeiro (Dantas 2000), na figura 2, a área está inserida em duas unidades morfoestruturais: Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozoicas e Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico. Esta subdividida em 6 unidades morfoesculturais: Maciço Alcalino do Itatiaia, Maciço Alcalino do Morro Redondo, Escarpas da Serra da Mantiqueira, Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos do Médio Vale do Paraíba do Sul e Depressão Interplanáltica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul e aquela em Tabuleiros de Bacias Sedimentares.

3. Materiais e Métodos

Para alcançar o objetivo geral e específico do presente estudo, foi necessário realizar um conjunto de procedimentos metodológicos, que serão relatados a seguir.

O primeiro passo foi a realização de um levantamento bibliográfico em livros, revistas científicas e artigos acadêmicos eletrônicos acerca das teorias clássicas de formação do relevo, processos geomorfológicos e teorias geomorfológicas. Outra etapa se deu na realização de trabalhos de campo para identificação da área de estudo. E por fim, a análise integrada dos aspectos geomorfológicos e geológicos sob uma perspectiva geográfica, das principais formas de relevo estudadas.

4. Discussão Teórica

A história da Geomorfologia, de acordo com o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009), possui duas principais correntes epistemológicas: a de linha norte-americana, fortemente influenciada pelo trabalho de Davis, sistematizada

no Geographical Cycle (1889), afirmando que o relevo é decorrente da estrutura geológica, dos processos operantes e do tempo, valorizando muito o aspecto histórico e representando o pilar conceitual da Geomorfologia e, a corrente de origem germânica, que teve suas referências firmadas na obra de Walter Penck, baseado principalmente no Die Morphologische Analyse (1924). Tal obra preocupava-se, essencialmente, por três elementos: os processos endógenos, exógenos e os produtos resultantes de ambos, que contemplava as formações superficiais e as feições geomorfológicas, que por sua vez, abordava o pilar metodológico da Geomorfologia.

A proposta penckiana foi adquirida por vários pesquisadores, como Mescheriakov e Gerasimov (1968) e a partir desses pressupostos, desenvolveram uma classificação do relevo terrestre em três categorias genéticas: as unidades geotexturais, as unidades morfoestruturais e as unidades morfoesculturais. Todas fundamentadas no resultado de interação entre as forças endógenas e exógenas, como um novo instrumento de análise geomorfológica (Ross & Moroz, 1996).

Autores americanos (década de 30) utilizaram os princípios adotados por W. Penck. Assim L.C. King (1956) e outros passam a mesclar as teorias valorizando o Espaço, e não só o Tempo, como Davis o fez (utilizam a quantificação como ferramenta para o uso do estudo dos processos. Floresce o uso de vários postulados e ferramentas tais como a quantificação e a computação).

A geomorfologia climática emerge das pesquisas de Büdel (1948) que ordenou os conjuntos morfológicos em zonas e andares produzidos pela interação das variáveis climáticas, epirogenéticas, petrográficas e fitogeográficas. No Brasil, Ab'Sáber e Bigarella deram contribuição significativa aos estudos geomorfológicos utilizando muito os postulados da escola germânica. Autores soviéticos e franceses (Bertrand, 1968; Sochava; 1972; Tricart, 1977) apresentaram seus estudos integrados da paisagem sob a ótica dos geossistema.

Dentre as correntes geomorfológicas de análise de morfoesculturas, a presente pesquisa faz uma revisão teórica da Corrente Glacial, da Corrente Geomorfológica, da Corrente Morfoclimática e da Corrente Geoquímica.

4.1 A Corrente Glacial

O histórico das correntes ideias glaciais iniciou com De Martonne ao sugerir a ideia, publicada na França em 1940, de se explicar a morfologia do planalto com base na possível ação de geleiras. De Martonne era um cientista de renome internacional, mas ainda assim emitiu a sua opinião com cautela, apenas sugerindo a possibilidade do fenômeno. As restrições originais foram postas de lado, e as provas da atividade glacial passaram a ser ativamente procuradas. Dos autores que trataram do problema, defendendo as ideias glaciais, alguns são nacionais outros estrangeiros, visitantes ou aqui radicados. Silveira (1942) foi um a das primeiras vozes a suceder De Martonne, seguido por Ruellan (1944), Rich (1955), Ab'Saber & Bernardes (1958), Maack (1957) e Ebert (1960) Dentre estes autores, as opiniões mais extremadas foram apresentadas por Rich e Ebert.

Os depósitos rudáceos de piemonte na porção sul do maciço do Itatiaia sugeriram uma origem glacial (De Martonne 1944). Corrente compartilhada por Silveira (1942), Ruellan (1944), Domingues (1952), Rich (1955) que vislumbra rochas *moutonnée* e King (1956) que atribuiu a modelagem do relevo do planalto do Itatiaia ao gelo pleistocênico, tomando os depósitos rudáceos como tilitos.

Oldman (1955) argumenta contra essa corrente: a linha de neve na mesma latitude se encontra atualmente a 4800 m e, a 4500 m no pleistoceno. Penalva (1967) por sua vez, baseado em pesquisas de campo, argumenta que a morfologia

do planalto do Itatiaia é devida às características tectônicas das rochas alcalinas e não a uma glaciação. Dados climáticos também refutam esta corrente já que no inverno, além ser a estação extremamente seca, a temperatura chega pouco a baixo de zero grau e no verão, a média de temperatura é de 11 graus logo, temperaturas insuficientes para o acúmulo de neve.

Até os anos 60 do século passado esta corrente teve defensores, um dos últimos trabalhos foi o de Ebert (1960).

4.2 A Corrente Geomorfológica:

A corrente Geomorfológica é baseada em ciclos erosivos de aplainamento em litologias diferenciadas. Explica o relevo por meio de uma abordagem interpretativa dos processos erosivos (erosão diferencial) e erosão fluvial como responsável pela modelagem dos planaltos.

Rego (1933) realizou o primeiro grande estudo de interpretação geomorfológica erosiva na região (Planalto Atlântico), fundamentado na atuação de processos de erosão diferencial, influenciada por movimentos tectônicos. Segundo este autor, a tectônica que atuou na região era de natureza epirogenética alterando gradativamente o nível de base e ciclos erosivos sobre gnaisses menos resistentes.

De Martonne (1943, 1944) por sua vez, propôs que as serras da Mantiqueira, do Mar e o vale do rio Paraíba tinham uma origem tectônica, pelo deslocamento de blocos falhados. Sua concepção foi fundamentada em ciclos erosivos de aplainamento aliada a uma tectônica que deslocou os blocos falhados verticalmente, gerando, por exemplo, as escarpas de falha, ou seja, a unidade geomorfológica Escarpas da Serra da Mantiqueira. Este autor identifica quatro superfícies de aplainamento que denomina: Superfície Pré-Permiana, Superfície dos Campos, Superfície das Cristas Médias e a Superfície Neogênica (a mais recente).

Rich (1955) também identifica a Superfície de Pré-Permiana em suas pesquisas no interior de São Paulo, região de Itu e Sorocaba. Já Ruellan (1944), estudando principalmente a região da baía da Guanabara, relaciona os ciclos de erosão ou aplainamento às variações do nível do mar, devido aos ciclos glaciais estudados no hemisfério norte. Seus estudos relacionam a morfologia da região à variação do nível do mar. Para este autor, está claro a associação dos processos erosivos (ciclos erosivos) e tectônicos.

Freitas (1951) define 2 pediplanos resultados de ciclos erosivos desencadeados por variações do nível do mar devido a movimentos epirogenéticos que alteraram o nível de base. Denominou de pediplano A o situado entre 800 e 1000m em posição mais inferior e logo mais recente e o pediplano B, em nível mais elevado e logo mais antigo, entre 1200 a 1400m. Para Freitas (1951), o pediplano B corresponderia à Superfície de Campos e à Superfície de Cristas Médias de De Martonne (1944), que se encontraria o pediplano B, desnivelado e fraturado em diversas cotas.

King (1956) identifica e tenta mapear 5 ciclos erosivos denominados por ele de: Gondwana, Pós-Gondwana, Sul-Americano, Velhas e Paraguaçu. Infelizmente, não foi possível relacioná-los com os ciclos de outros autores.

Almeida (1976) compartilha das ideias de Freitas (1951). Acrescentando a ideia de erosão diferencial, devida às diferentes litologias e estruturas presente na região, e eventos tectônicos. Define duas superfícies de aplainamento: Superfície Itaguá que se relaciona com a Superfície Pré-Permiana de Itaguaí Martonne (1944) e a Superfície Japi que se relaciona à Superfície dos Campos também de De

Martonne (1944). Em trabalhos posteriores Almeida (1976), Ponçano & Almeida (1993) e Almeida & Carneiro (1998) reafirma em suas ideias que os planaltos e relevos relacionados são resultados de ciclos erosivos posteriores à Superfície Japi e à ação erosiva dos rios que cortam a região.

Amador (1975) reconheceu na Bacia Sedimentar de Resende duas superfícies de erosão: paleogênica (Pd 2) e neogênica (Pd l) além de três níveis pedimentares pleístocênicos, embutidos na bacia sedimentar (P 3, P 2 e P 1). O nível de cumieira da região é representado por remanescentes da superfície de erosão Pd 3 de idade terciária inferior segundo Bigarella et al. (1965). Corresponde ao topo das serras da Bocaina, da Mantiqueira e do Maciço das Agulhas Negras. Embutido entre as referidas serras, teria sido modelado o pediplano Pd 2, do qual restam hoje poucos vestígios. Este autor também correlaciona os níveis pedimentares às glaciações estudadas no hemisfério norte. O nível P2 à glaciação Kansan com altitude entre 423 a 443m, o nível P1 à glaciação Hlinoian com altitudes 402 a 419m e nível P3 sem relação a nenhuma glaciação, mas altitude entre 447 e 469m.

Seguindo esta mesma corrente de pensamento - processos erosivos atuando sobre estruturas diversa. Ponçano & Almeida (1993), Almeida & Carneiro (1998) atribuem à formação serra do Mar atual como uma serra residual, derivada do recuo erosivo, continente adentro de uma frente erosiva que atuou nos blocos falhados do Planalto Atlântico.

Ross (1991, 1992) relaciona ao recuo erosivo proposto por Almeida & Carneiro (1998) a processos geoquímicos que agiram em litologias heterogêneas.

4.3 A Corrente Morfoclimática.

Explica a modelagem do relevo pela alternância de climas secos e húmidos, no Quaternário, ligados às glaciações. A abordagem estratigráfica permite uma compreensão precisa da evolução do relevo e sua morfogênese. Trabalha com atividades neotectônicas e tectônica epirogenética.

De Martonne (1944) e Ruellan (1952) foram os primeiros a propor as variações climáticas como fator de modelagem do relevo.

Ab'Saber (1957) aprofundou estes estudos, usando princípios estratigráficos. A partir da década de 1960, baseados nos trabalhos acima citados, esta corrente levou a vários cientistas a estudarem a região. Como: Bigarella & Ab`Saber, (1961), Bigarella & Mousinho (1965), Bigarellla & Andrade (1965), Ab`Saber (1969).

Estes pesquisadores criaram o modelo em que nos períodos glaciais o clima seria mais seco a semiárido, haveria áreas com pouca cobertura vegetal e com chuvas torrenciais em determinadas áreas, com isso haveria uma evolução acelerada das encostas e o entulhamento dos vales. Já em épocas mais úmidas, nos períodos interglaciais, haveria maior cobertura vegetal sendo o intemperismo basicamente químico, regularização e aumento dos volumes de chuva aumentando o regime fluvial favorável ao aumento da capacidade de transporte e, o desentulhamento dos vales. Partindo deste modelo, haveria, na passagem entre o clima seco a húmido e vice-versa, uma mudança abrupta nos processos de alteração do relevo. Na década de 1990, o trabalho de novos autores, principalmente os de Moura & Meis (1984), Moura (1990), Moura *et al.* (1992), Moura & Mello (1991) e Mello (1992) agregam novas contribuição a esta corrente: com técnicas apuradas em cartografia, escalas mais detalhadas, utilização de princípios estratigráficos e aloestratigraficos, datação de depósitos coluviais e alúvio-coluviais através do C14, identificação de fases de instabilidade e estabilidade do relevo e dados e observações neotectônicos em campo.

4.4 A Corrente Geoquímica

A Corrente Geoquímica é relativamente nova. O grande expoente desta corrente é Coltrinari (2002) que dá uma nova abordagem ao trabalho de Büdel (1982). Essa proposta sugere a existência da interação entre a alteração geoquímica das rochas e a erosão superficial, pois está relacionada ao grau de intemperismo dos minerais que compõem a rocha. Segundo Coltrinari (2002) seria a consequência da interação entre a atmosfera, oceanos, criosfera e a Terra, com sua biota, incluindo a interação humana. Considera as diferenças litológicas no contexto geológico regional tendo em vista a maior ou a menor resistência das rochas aos processos de intemperismo e erosão, podendo originar diferentes formas de relevo. Nesta nova ótica, o aplainamento do relevo se dá por processos geoquímicos decorrentes da alteração e evolução da cobertura pedológica sobre as rochas sedimentares. Ele recupera também a hipótese de De Martonne (1944) sobre a gênese e evolução de superfícies de aplainamento por processos geoquímicos. Esta corrente se relaciona com a corrente anterior Morfoclimática, pois as alterações estão relacionadas à alternância climática, assim como a sazonalidade climática que interferem no intemperismo e na pedogênese.

5. Conclusão

Nenhuma das correntes consegue explicar integralmente a modelagem das diversas unidades geomorfológicas. Trazem lacunas na explicação das formas do relevo, criam questionamentos, dão ênfase a uma variável, muitas vezes em detrimento de outras. Não são observadas análises sobre a possibilidade de estas superfícies terem sido deslocadas e, com o deslocamento, a alteração de seu nível de base, por atividades neotectônicas. A Corrente Glacial foi descartada na escultuação do relevo da região: quer pela morfologia do planalto do Itatiaia, quer pela temperatura média no inverno, quer pela linha de neve na mesma latitude. A corrente Morfoclimática, que leva em consideração a alternância climática devido a períodos glaciais e interglaciais, explica as formas e feições do relevo, como por exemplo: os diversos níveis de terraços fluviais, a fase erosiva que atualmente ocorre na região que leva à dissecação das rampas de alúvio-colúvio em fundos de vale esvaziados e os canais embrejados tão comuns na região. Nada impede que localmente a erosão diferenciada ou a pedogênese atuem em esta ou aquela litologia ou, parte desta litologia, modelando o relevo. Possivelmente, estas teorias tenham coexistido no decorrer do tempo geológico com maior intensidade de uma sobre a outra, dependendo de fatores climáticos e tectônicos.

Referências

AB'SABER, A. N. 1957. Conhecimento sobre as flutuações climáticas do Quaternário. **Bol. Soc. Bras Geol.**, v. 6, p. 839-849, 1957.

AB'SABER, A. N. Geomorfologia - Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, v. 18, p.1-23, 1969.

AB'SABER, A. N.; BERNARDE, N. 1958. O Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. **Conselho Nacional de Geografia**, Rio de Janeiro, 309 p., 1958.

ALMEIDA, F. F. M. de. The System of continental rifts bordering the Santos Basin**. Anais Acad. Brasil. Ciênc.**, v. 48 (supl.), p. 15-26, 1976.

ALMEIDA, F. F. M. de; Carneiro, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar**. Rev. Brasil. Geoc.**, São Paulo, v. 28, n.2, p.135-150, 1998.

AMADOR, E. S. Estratigrafia e sedimentação da Bacia de Resende – RJ. **Anais Acad. Brasil. Ciênc.**, Rio de Janeiro, v.47 (supl.), p.181-223, 1975.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. Sud-Ouest Européen, v. 39, n. 3, 1968.

BIGARELLA, J. J.; AB`SABER A. N. Quadro provisório dos fatos sedimentológicos, morfoclimáticos e paleoclimáticos na Serra do Mar. Curitiba. **Bol. Paran. Geogr**., 2/5, p. 91, 1961.

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE G. O.de. Contribution to the study of the brasilian Quaternary. **Geol. Soc. Of Americas**, São Paulo, v. 84, p. 433–452, 1965.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M.R. Considerações a respeito da evolução das vertentes. **Bol. Paran. Geogr**., Curitiba, v.16 e 17, p.117-151, 1965.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlatos no Brasil. **Bol. Paran. Geogr.**, Curitiba, v. 17, p. 117-151, 1965.

BÜDEL, J. Die klima-morphologischen Zonen der Polarlander. **Erdkunde**, v. 2, p. 22-53, 1948.

BÜDEL, J. **Climatic Geomorphology**. Princeton. Press, Princeton (Transl. by L. Fischer & Busche), 1982.

COLTRINARI, L. **Geomorfologia do planalto de São José dos Campos - São Paulo**. 2002. Tese de Livre Docência, Departamento de Geologia, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo.

DANTAS, M. E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília. Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais – CPRM, Brasília, p. 75, 2000.

DAVIS, W. M. – 1889 - The Geographical Cycle. Geographical journal, London, v. 14, n°5, p.481-484. in: ADAMS, G. F. (edited) **Planation Surfaces: Peneplain, Pediplanin, and Ectchplains**. Stroudsburg, Pennsylvania, v. 22, cap. 1, p. 16-17, 1975.

DE MARTONNE, E. Problèmes morphologiques du BRÉSIL tropical atlantique (Premier article.). In: **Annales de Geographie**. Armand Colin, 1940.

De MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil Atlântico. **Rev. Bras. de Geografia**, IBGE, Rio de Janeiro, v. 5, p. 523-550, 1943.

De MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil Atlântico. **Rev. Bras. de Geografia**, IBGE, Rio de Janeiro, v. 6, p. 155-178, 1944.

DOMINGUES, A. P. Maciço do Itatiaia. **Rev. Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 4, p. 463-471, 1952.

EBERT, H. Novas observações sobre a glaciação Pleistocênica na serra do Itatiaia. **An. Acad. Brasil. Ciên.**, v. 32, n.1, p.51-73, 1960.

FREITAS, R. O. de. Relevos policíclicos na tectônica do Escudo Brasileiro. **Bol. Paul. Geogra**., São Paulo, v. 7, p.3-19, 1951.

GERASIMOV, I. P.; MESCHERIKOV, J. A. **Morphostructure**. **The encyclopedia of geomorphology.** Ed. RW Fairbridge, p. 731-732, 1968.

INSTITUTO BRASILERO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Manuel Técnico de Geomorfologia. Rio de Janeiro, 2009 (2ª edição).

KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil oriental. **Bol. Soc. Brasil. Geogr**, Rio de Janeiro. v. 18, n.2, p.147-265, 1956.

MAACK, R. Reinhard. über Vereisungsperioden und Vereisungsspuren in Brasilien. **Geologische Rundschau**, v. 45, n.3, p. 547-595, 1957.

MELLO, C. L. **Fácies sedimentares, arquitetura deposicional e relações morfoestratigráficas em um sistema de leques aluviais Holocênicos: Aloformação Manso – médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ**). 1992, 188 f. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.

MOURA, J. R. S. **Transformações ambientais durante o Quaternário Tardio no médio vale do rio Paraíba do Sul. Rio de Janeiro**. 1990, 188 f. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

MOURA, J. R. S.; Mello C. L. Classificação aloestratigráfica do Quaternário Superior na região de Bananal (SP/RJ). São Paulo. **Rev. Brasil. de Geoc**., v. 21, n. 3, p. 236-254, 1991.

MOURA, J. R. S.; Meis, M. R. M. Upper Quaternary sedimentation and hillslope evolution: southeastern Brazilian Plateau. **Americam Journal of Science**, v. 248, p. 132,1984.

MOURA, J. R. S.; Peixoto, M. N. O.; Silva, T. M.; Mello, C. L. Mapas de feições geomorfológicas e coberturas sedimentares quaternárias: abordagem para o planejamento ambiental em compartilhamentos de colinas no Planalto Sudeste do Brasil. **Bol. de Resumos Expandidos**, São Paulo. SBG-SP., v.1, p. 50-62, 1992.

OLDMAM, O. H. On the presumed glaciation in the Itatiaia mountains, Brazil. **Eng. Min. Met**., v.21, n. 123, p. 107-108, 1955.

PENCK, W. **Die morphologische Analyse. Ein Kapitel der physikalischen Geologie**. J. Engelshorns Nachf, Stuttgart, 283 p., 1924.

PENALVA, F. **Geologia da região do Itatiaia (Sudeste do Brasil): Morfologia e Tectónica**. 1967. Tese de Doutoramento. Faculdade de Filosofia e Ciências e Letras Universidade de São Paulo, São Paulo, 1967

PONÇANO, W. L.; ALMEIDA, F. F. M. Superfícies erosivas nos planaltos cristalinos do leste paulista e adjacências: uma revisão. **Cadernos IG/Unicamp**, v. 3, n. 1, p. 55-90, 1993.

RAMOS R. R. C., Mello C. L., Sanson, M. S. R. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia de Resende. Aracaju, **Fundação Paleontológica Phoenix**, v. 76, 6p, 2005.

RAMOS, R. R. C.; MELLO, C. L.; SANSON, M. S. R. Revisão estratigráfica da Bacia de Resende, Rift Continental do Sudeste do Brasil, estado do Rio de Janeiro. **Geociências**, v. 25, n. 1, p. 59-69, 2006.

REGO, L. F. M.. As Formações Cenozoicas de São Paulo. **Anais da Escola Politécnica de São Paulo**, v. 2, p. 231-267, 1933.

RICH J. L. Problems in Brasilian Geology and Geomorphology suggested by reconnaissance in Summer of 1951. São Paulo. **Bol. Fac. Filos. Ciên. Letras**, Usp, São Paulo, v. 146, p 79, 1955.

RICCOMINI, C. **O Rift continental do Sudeste do Brasil**. 1999, 256 f. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 1990.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. **Evolução geológica do rift continental do sudeste do Brasil. Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**, p. 383-405, 2004.

RUELLAN, F. Evolução geomorfológica da baía da Guanabara e de regiões vizinhas. **Rev. Bras. de Geogr.**, p. 445-508, 1944.

RUELLAN, F. Excursão ao vale do rio Paraíba do Sul e à Serra da Mantiqueira. **Anais da Primeira Reunião Pan-Americana de Consulta sobre a Geografia**, Rio de Janeiro, v.2, p. 209-245, 1952.

ROSS, J. L. S. O Relevo brasileiro, as superfícies de aplainamento e os níveis morfológicos. **Rev. do Departamento de Geografia, FFLCH-USP**, São Paulo, v. 5, 1991.

ROSS, J. L. S. O Registro cartográfico dos fatos Geomorfológicos e a questão da Taxonomia do Relevo. **Rev. do Departamento de Geografia, FFLCH-USP,** São Paulo, v. 6, 1992.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 41-58, 1996.

SILVEIRA, J. D. da. Itatiaia. **Anais do Congresso Brasileiro de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 9, n.2, p. 607·619, 1942.

SOCHAVA, V. B. The study of geosystems: the current stage in complex Physical Geography. **International Geography**, v. 1, p. 298-301, 1972.

TRICART, J. – Ecodinamicas, **FIBGE/SUPREN**, Rio de Janeiro, 1977.

UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA GOOGLE STREET VIEW PARA CARACTERIZAÇÃO DE INSELBERGUES INCIDIDOS NA UNIDADE JUATAMA (QUIXADÁ E QUIXERAMOBIM), NO CEARÁ CENTRAL.

Guilherme Lima Brasil dos Santos
Universidade Federal do Ceará
Bloco 911, Campus do Pici, 900, Fortaleza, Ceará. CEP: 60455-760
E-mail: guilhermelbrasil@gmail.com
Felipe Júlio Soares
Universidade Federal do Ceará
Bloco 911, Campus do Pici, 900, Fortaleza, Ceará. CEP: 60455-760
E-mail: felipe386123@gmail.com

Resumo

A área de Juatama, localizada no Ceará Central, no Brasil, compreende uma paisagem sertaneja com potencial científico relevante no que diz respeito à incidência de inselbergues formados por rochas graníticas. O presente trabalho objetiva realizar um estudo e caracterização da área utilizando ferramentas tecnológicas para mapear e caracterizar os tipos de inselbergues que se apresentam. Como metodologia, foram realizados procedimentos de leitura bibliográfica acerca da temática; levantamento de dados georreferenciados de folhas geológicas que compunham a área para mapeamento; utilização das ferramentas google maps e google street view para caracterização. Os resultados demonstram uma área com bastante incidência de inselbergues compostos, apresentando microfeições de fraturamento em corpos maciços, em especial no interior do plúton Quixadá. Na borda do batólito, foram identificados inselbergues compostos com maior incidência de características de maciço e feições de dissolução e fraturamento.

Palavras-chave: Juatama; Quixadá; Inselbergue; Sertão central; Geomorfologia;

1. Introdução

O Nordeste setentrional brasileiro, a norte do Planalto da Borborema, possui muitos campos de Inselbergues utilizados para realizar estudos de evolução geomorfológica da região (MAIA et al., 2015).

Em sua porção central, a depressão sertaneja é frequentemente seccionada por estruturas geológicas – geomorfológicas de interessante relevância científica (CLAUDINO-SALES, 2018). Muitos afloramentos rochosos nos ambientes próximos ao Monumento Natural dos Monólitos de Quixadá, que há décadas vêm sendo motivo de especulação e questionamentos em relação a seus processos de formação, dada as particularidades regionais, possuem particularidades únicas (MAIA et al., 2015).

A beleza cênica das paisagens rochosas, advindas do metamorfismo de contato ocorridas no cretáceo inferior, durante a separação Brasil-África (MORAIS, 1992), apresenta formações graníticas pré-cambrianas originárias do processo de etchplanação, definido por Büdel (1982) como a alteração da paisagem gradual com a exumação de uma planície rochosa, via intemperismo químico profundo, atrelada a uma relação dialética entre a resistência rochosa e erosão superficial.

As formas advindas deste processo ainda possuem lacunas a respeito de origem da sua formação, assim, gerando complexas e intrincadas formações graníticas associadas, e que atualmente são motivos de análise por parte de grupos de cientistas (OLÍMPIO *et al*, 2021).

Mesmo diante de tais interesses, levantamentos e elaborações cartográficas não foram amplamente utilizados e a região de Juatama carece de construções de mapas a fim de determinar as diferentes feições características na natureza.

Nesse sentido, o presente trabalho pretende realizar a análise do desenvolvimento geomorfológico e a constituição de um arcabouço morfológico dos inselbergues presentes na região de Juatama a partir de seu condicionamento geológico e estrutural, utilizando o Google Earth e Google Street View como ferramenta para análises apuradas no mapeamento da área e na visualização dos inselbergues. Realizando-se de início, uma reunião de literatura sobre o tema o qual se estudou os conceitos iniciais a serem considerados no estudo, compreendendo a análise da paisagem a partir do ponto de vista virtual, utilizando técnicas de geoprocessamento para tal finalidade. Dessa maneira, a fim de conhecer os aspectos naturais, a construção cartográfica objetiva a tomada de decisão e de um plano de ações para o melhor uso e ocupação dos ambientes.

2. Localização e características da área de estudo

A área estudada neste trabalho está localizada no Ceará Central, em uma área correspondente aos municípios e Quixadá-CE e Quixeramobim-CE, na unidade geológica de Juatama, situada no distrito de mesmo nome. Limitado pelas seguintes coordenadas de 05°06’30” e 05°10’00” de latitude Sul e 38°47’04” e 39°06’35” de longitude Oeste (Figura 1).

Localizada a 200 km da capital do Estado, a região em análise está totalmente inserida no Polígono das Secas, apresenta clima tropical quente semiárido, com temperaturas médias anuais variando entre 26 ºC a 32 ºC. O regime pluviométrico é caracterizado por intensa irregularidade de chuvas, sendo a média pluviométrica anual cerca de 725,4 mm, principalmente no período chuvoso, de janeiro a junho, concentrada nos meses de março e abril (INESP, 2009; CEARÁ, 2010; ANA, 2017).

A área em estudo encontra-se na depressão sertaneja, apresentando solos rasos, fertilidade natural de baixa à média, além de forte tendência à erosão. Em meio à depressão sertaneja, próximo aos batólitos dos rios de Quixadá e Quixeramobim, podem-se encontrar planícies aluviais, com solos mais profundos e de maior fertilidade, além de inselbergues de até 700m de altitude (CPRM, 2014). O padrão geológico local compreende rochas do embasamento cristalino, principalmente granitos e gnaisses, e rochas sedimentares, em menor número (NOGUEIRA, 2004).

O Duplex Granítico de Juatama, localizado a Norte do Complexo Granítico Quixadá - Quixeramobim, possui orientação NNE – SSW, assim como grande parte das estruturas localizadas no nordeste setentrional (MAIA, 2015), fica compreendido entre duas zonas de cisalhamento importantes (zona de cisalhamento Senador Pompeu e a zona de cisalhamento dúctil de Quixeramobim), o que torna esse ambiente de interesse relevante para a compreensão de estruturas graníticas deformadas. Morais (1992, p. 140) advoga que "o Complexo Granítico deve ter-se posicionado há 650 Ma. e que as rochas encaixantes parecem ser do Proterozóico inferior".

Juatama está localizada próxima à borda do batólito Quixadá (MORAIS, 1992), ao longo do contato com o Complexo Cruzeta (antigamente chamado de Complexo Pedra Branca). É constituído em sua maioria por gnaisses migmatíticos, granodioritos e pegmatitos. Em alguns pontos são encontrados BIFs (formações de ferro bandadas), formações ferrosas, laminadas, e tem sua gênese ou na deposição oceânica de camadas de ferro que posteriormente se solidificam quando expostas ao terreno seco ou a incursões hidrotermais pela rocha encaixante, geralmente anteriormente escavadas por diques ou falhas (VERÍSSIMO et al., 2009)

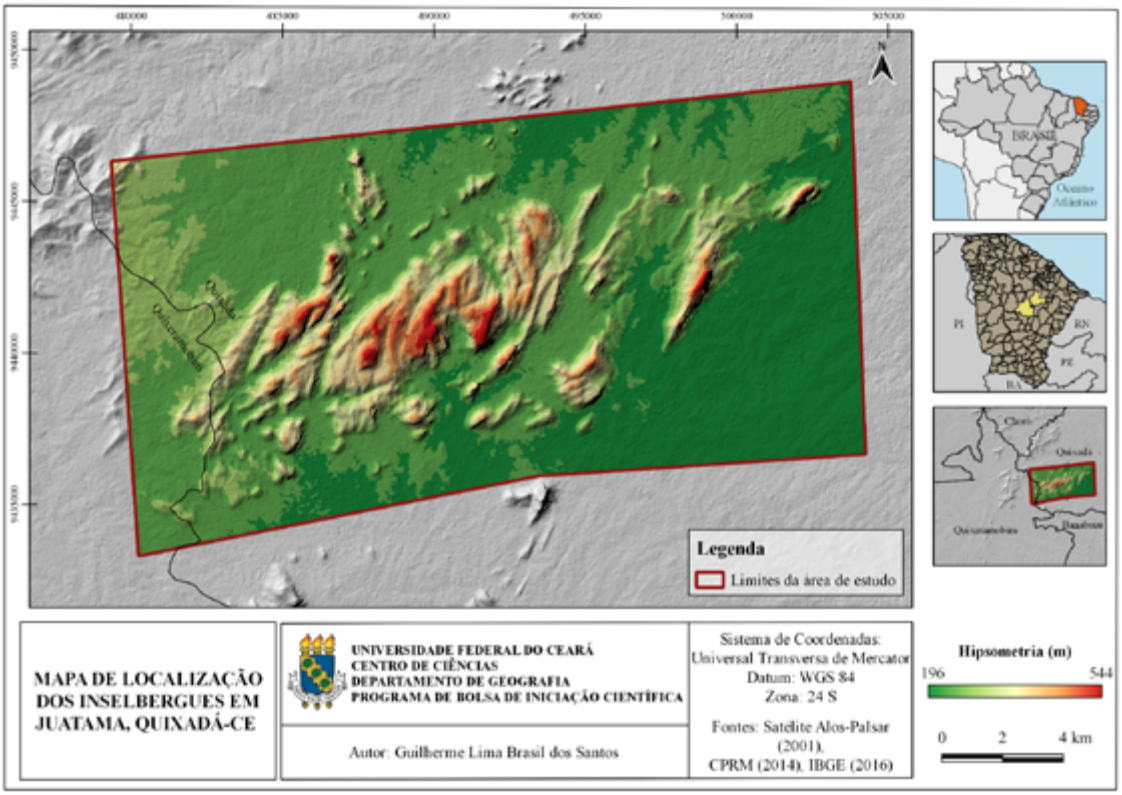


FIGURA 1: Mapa de localização da área de estudo.
Fonte: Autoria própria.

3. Metodologia

Foi realizada ampla revisão bibliográfica, a fim de delimitar a área de estudo e análise conforme as concepções teóricas atreladas à caracterização dos grupos de inselbergues (MAIA, 2015); (OLÍMPIO *et* al, 2021). Para a execução do presente trabalho, foi tomado como base as definições de rochas magmáticas; relevos graníticos; inselbergues e caracterização de corpos de inselbergues dentro da área do município de Quixadá. (SGARBI, 2012); (NEVES, 2011); (SALES, 2018); (TRINDADE, 2008); (MAIA, 2015); (LIMA, 2019).

A etapa de geoprocessamento foi realizada no software QGis 3.14.16 para a produção do material cartográfico referente ao mapa de localização (figura 1); e de unidades geológicas com fotografias de inselbergues (figura 2), auxiliando na interpretação da folha Quixeramobim (SB.24-V-D-III) e dados acerca da Geodiversidade do estado do Ceará, ambos fornecidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), a fim de identificar macrofeições de relevo, litologia e unidades geoambientais referentes à área de estudo. Aliados às descrições petrográficas, foram utilizados também dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e ALOS-PALSAR, para associação com os dados georreferenciados com a topografia da área.

Para o reconhecimento da área, a fim de identificar os inselbergues a serem analisados, o estudo foi realizado remotamente, em virtude da pandemia do novo Coronavírus e consequente isolamento social, sob o auxílio do Google Earth e Google Street View. Sendo o primeiro utilizado para localizar os pontos a serem caracterizados e o segundo para fazer um tour virtual pela área de estudo e observar, através das fotografias, as feições mapeadas para assim, realizar a caracterização. Os critérios de escolha das fotografias se deram pela visualização da área e localização de acordo com a unidade geológica onde estão situadas. Foram identificados, portanto, três inselbergues inseridos dentro da área do plúton Quixadá e dois na Unidade Mombaça, no Complexo Cruzeta.

A caracterização se deu de forma empírica, por meio de análise das fácies graníticas selecionadas, a fim de identificar feições, utilizando como parâmetro os estudos realizados por Maia (2015) e Olímpio *et al* (2021), que subdivide os grupos de inselbergues em: Inselbergues de fraturamento; Inselbergues de dissolução; Inselbergues maciços e Inselbergues compostos.

4. Resultados e discussões

Maia (2015) identifica três grupos de inselbergues no município de Quixadá, sendo estes, (1) Feições de dissolução, associadas aos processos de intemperismo químico via dissolução, apresentando assim caneluras, vasques e gnamas; (2) Feições de fraturamento, associadas aos processos de esfoliação, devido à ocorrência de diques e enclaves, que gera feições de *tafoni* de colapso e *castle koppies* (MAIA, 2015; LIMA, 2019); (3) Maciços, compondo o grupo de inselbergues dômicos com escarpas íngremes, que não possuem feições de dissecação aparente nem de dissolução. O terceiro grupo compõe uma fração significativa da área aqui analisada. Claudino-Sales (2020) considera também a possibilidade de entendimento de inselbergues compostos, ou seja, que apresentam mescla de feições características de fraturas, dissolução e dos maciços.

A respeito da área aqui analisada percebeu-se a predominância de inselbergues maciços com fraturas em sua estrutura. Registrou-se também, nos pontos identificados dentro do plúton Quixadá, a presença de inselbergues compostos, com fraturas, mas com características de *bornhardts* maciços. (OLÍMPIO et al, 2021). Além disso, foi detectado um inselbergue composto cujo maciço possuía majoritariamente bacias de dissolução.

Com a análise virtual pela a área estudada, gerou-se o seguinte mapa (Figura 2):

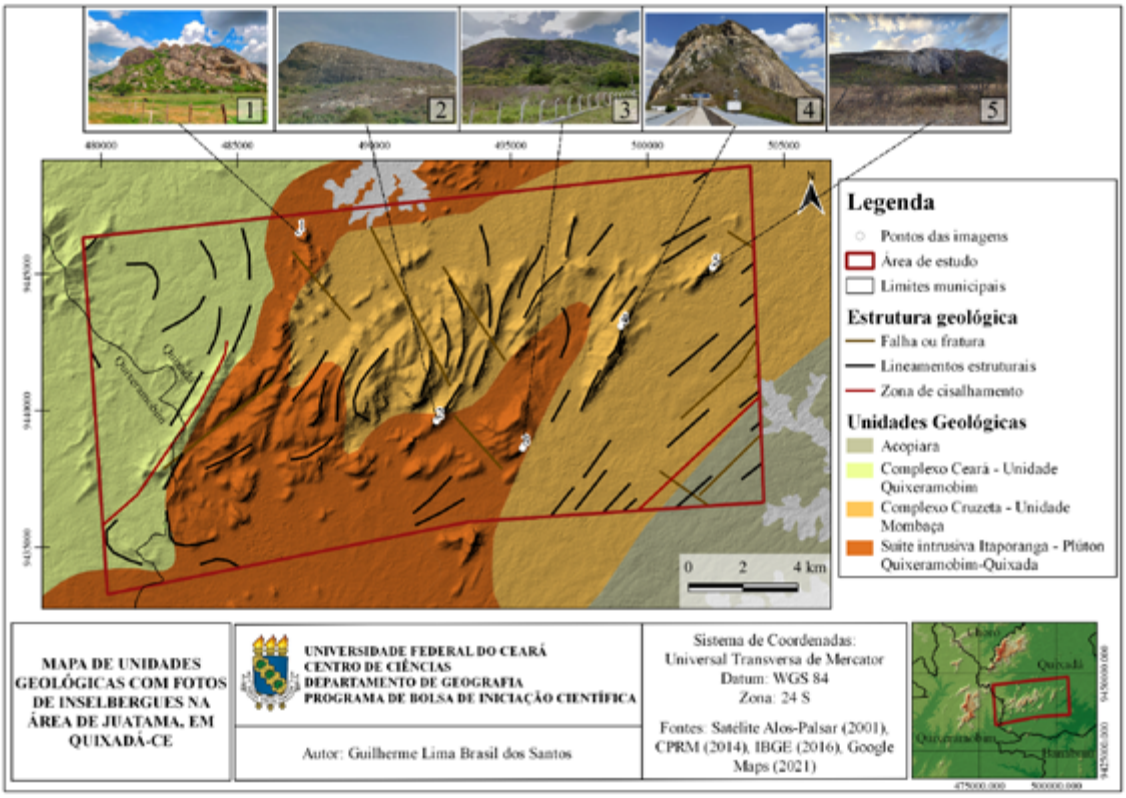


FIGURA 2: Mapa de unidades geológicas com fotos de inselbergues na área de Juatama, em Quixadá-CE.
Fonte: Autoria própria.

Faz-se presente duas grandes linhas de cisalhamento, sendo uma em área já aplainada, localizada à leste do mapa, e outra que separa a área do plúton com a unidade geológica de Acopiara. Foram identificadas quatro fraturas perpassando a estrutura dos inselbergues. As demais linhas denotam lineamentos estruturais, em sua maioria, traços de esfoliação, justificando feições de fraturas presentes em inselbergues inseridos nos pontos 1, 2, 3 e 4.

Estando localizados dentro do Plúton Quixeramobim-Quixadá os pontos: 1, o inselbergue da Serra do Padre (5°00'28.8"S 39°06'47.0"O); 2, inselbergue localizado próximo à CE-265 (5°04'01.2"S 39°04'04.1"O); 3, Inselbergue de Juatama (5°04'20.6"S 39°02'40.9"O). Já fora do plúton Quixadá, sob a unidade geológica do Complexo Cruzeta - Unidade Mombaça, há os pontos 4, Morro do Urucu (5°02'31.8"S 39°00'33.0"O) e 5: Serra Branca (5°01'15.7"S 38°58'56.9"O).

Nos pontos que se situam dentro da área do plúton, verificou-se inselbergues com características de maciço e de fraturamento. O inselbergue de Juatama (Figura 3 A e B) possui características de inselbergue maciço, por sua grande altimetria e forma dômica, apresentando uma superfície com traços de foliação menos intensos (CLAUDINO-SALES, 2020), contudo ao observar de forma mais aproximada, nota-se a incidência de feições de fraturamento de maneira mais clara. Sendo as feições identificadas: padrão de fraturas ortogonais, esfoliação e *tafoni* de colapso (Figura 3 C). O inselbergue localizado próximo à rodovia (Figura 3 C e D) possui as marcações de fraturas ortogonais, mesmo apresentando-se mais suaves.

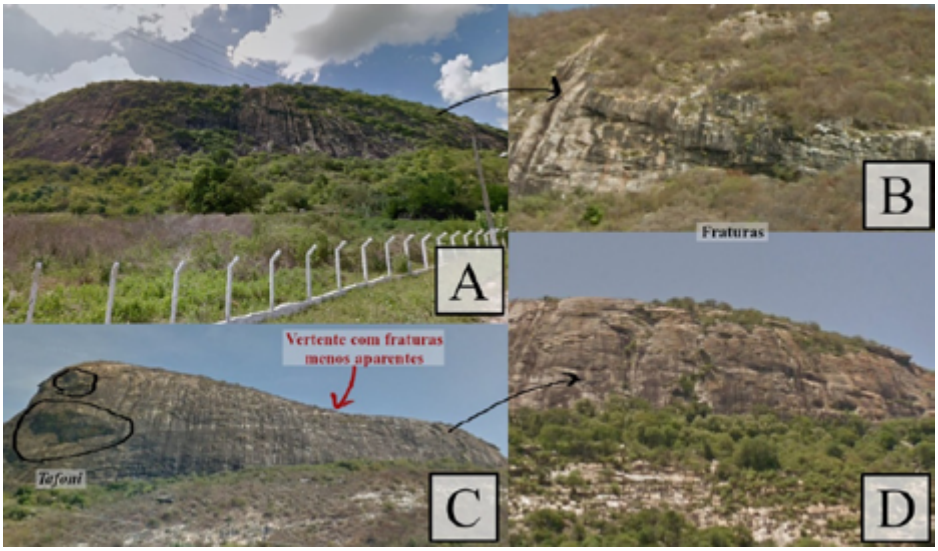


FIGURA 3: Inselbergues de fraturamento identificados nos pontos inseridos dentro do plúton Quixadá.
Fonte: Google Street View (adaptado).

O inselbergue da Serra do Padre apresentou-se como majoritariamente facetado em feições de fraturamento, pois identificou-se microfeições como marcas de fraturas ortogonais em uma das vertentes do inselbergue (Figura 4 C). Nota-se também blocos isolados próximo das encostas da face fraturada, indicando que se trata de caos de blocos colapsados via ação mecânica (Figura 4 A) (OLÍMPIO *et al* 2021). Em relação às feições que denotam processos de intemperismo químico, constatou-se a incidência de *tafoni* (figura 4 B e C), sendo os *tafoni* de parede os mais perceptíveis. Além disso, identificou-se a presença de bacias de dissolução em tamanho pequenos, do tipo *honey combs,* caracterizados por pequenas aberturas circulares que indicam o início de formação de um *tafone* (LIMA, 2018) (figura 4 D).

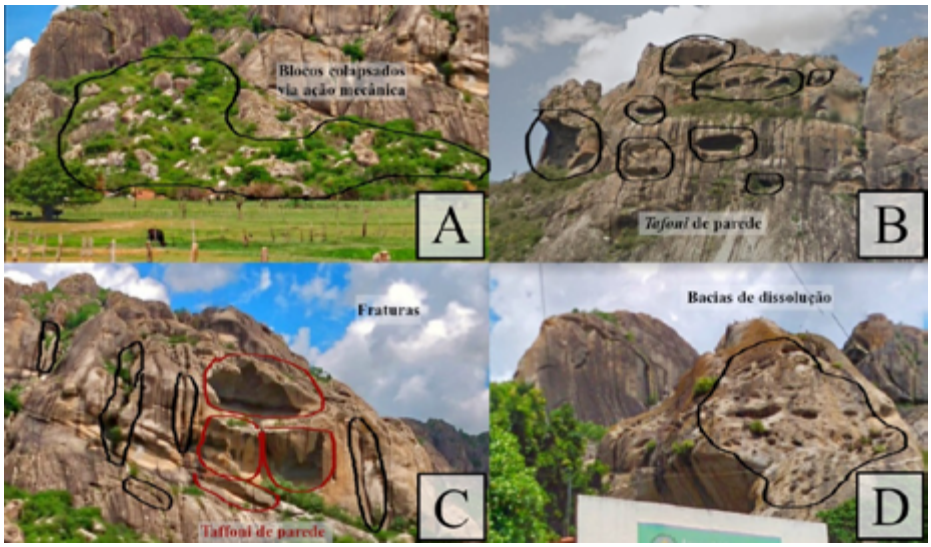


FIGURA 4: Feições de fraturamento (A, B e C) e dissolução (D) identificadas no Inselbergue da Serra do Padre.
Fonte: Google Street View (adaptado).

Nos pontos fora dos limites do plúton, verifica-se uma ausência de feições claras de foliação, ou outras estruturas de fraturamento. Nota-se a presença de inselbergues compostos, ou seja, que pertencem a mais de um grupo (OLÍMPIO *et al*, 2021).

No caso do ponto 4, referente ao Morro do Ucuru, percebeu-se, em uma face, microformas que denotam fraturamento. Verificou-se também a presença de *tafoni* (Figura 5A), mas também blocos rochosos (Figura 5A) dos quais são associados a um conjunto de blocos formado via foliação, cujas rochas possuem alto grau de angulação, ou seja, com arestas mais arredondadas (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). Todavia, a face oposta deste inselbergue não apresenta microformas consideráveis, mas sim a escarpa maciça. Isto, somado à forma dômica o configura como inselbergue composto. (Olímpio *et al*, 2021). Referente ao ponto 5, o inselbergue Pedra Branca, apresenta uma face com expressivas microfeições de dissolução, podendo ser encaixado neste grupo. Como observado na figura 5, há a presença de feições do tipo *tafone,* todavia estes com processos de formação que denotam meteorização, no caso, com uma origem associada ao intemperismo químico devido às reações com soluções salinas (WARD, 2006) (Figura 5B). Na mesma área, identificou-se também caneluras, compreendidas como frestas verticais formadas pela ação pluvial (LIMA, 2018). Na área, a maioria das caneluras identificadas possuem aspectos lineares verticalmente, outras mais irregulares, distribuídas ao longo da escarpa. (Figura 5C)

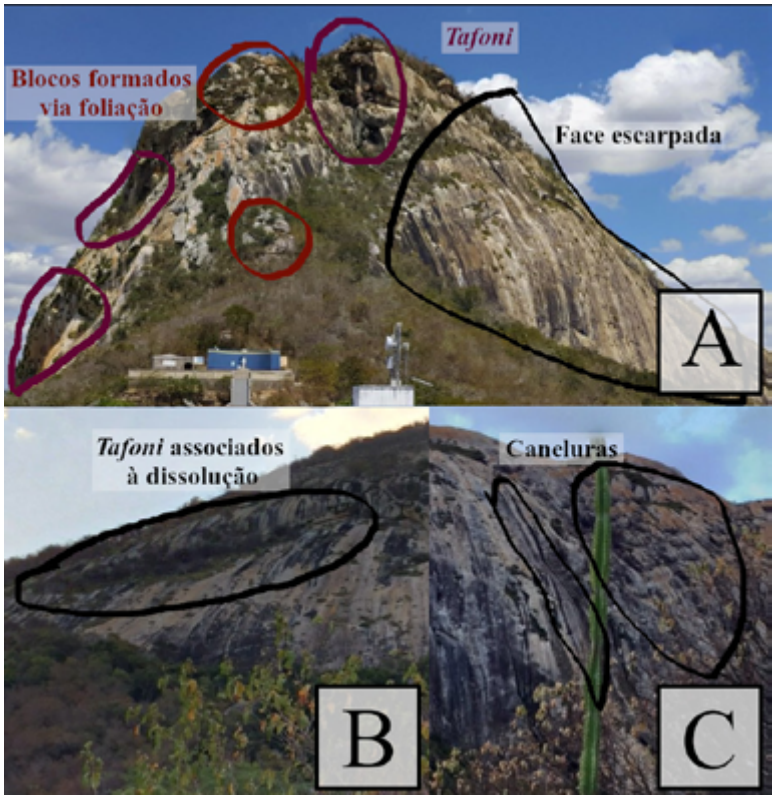


FIGURA 5: Inselbergues fora do plúton Quixadá-Quixeramobim. Morro do Urucu (A) e Pedra Branca (B e C)
Fonte: Google Street View (adaptado).

5. Considerações Finais

Por meio dos estudos realizados, percebe-se a intensa complexidade dos processos nas feições localizadas na área de estudo, principalmente quando se relaciona às particularidades da estrutura geológica, atrelada às condições que propiciam o intemperismo físico e químico, que formou muitos inselbergues diferentes com diferentes características no batólito de Quixadá.

Na realização do trabalho, ressalta-se a importância das ferramentas tecnológicas na construção do trabalho em tempos de restrições devido a pandemia. Tais técnicas, nortearam e embasaram a condução das análises geomorfológicas, tendo em vista que todas as verificações deste trabalho foram realizadas remotamente, como o mapeamento da área; identificação da estrutura geológica que a compõe, tal qual sua influência na formação de um inselbergue; e as fotografias que serviram de base para o processo de caracterização das microformas.

Por um lado, identifica-se intenso fraturamento, referente aos pontos analisados dentro do plúton Quixadá, dos quais se percebeu predominância de ações mecânicas em suas estruturas. Sendo estas: colapso de blocos, dutos de fraturas, *tafoni* com origens de intemperismo físico, dentre outros. Já na área da borda do batólito, percebe-se a presença de maciços caracterizados pela forma dômica. Além disso, há inselbergues que possuem características de maciços e fraturamento ou dissolução, estes aqui denominados de Inselbergues compostos (OLÍMPIO *et al*, 2021).

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Reservatórios do semiárido brasileiro**: Hidrologia, balanço hídrico e operação, 86 p., Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais do Brasil –Serviço Geológico do Brasil. Geodiversidade do Estado do Ceará. Fortaleza, 216 p., 2014.

BÜDEL, J. **Climatic Geomorphology**. New Jersey. Princeton University Press, 1982.

CEARÁ. **Plano territorial de desenvolvimento rural e sustentável**: território sertão central. 2010.

CLAUDINO-SALES, Vanda. **Megageomorfologia do Estado do Ceará**: história da paisagem geomorfológica. [S.l.]: Novas Edições Acadêmicas, 2016.

CLAUDINO-SALES, V. Megageomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro. **Revista de Geografia (Recife).** Recife, v.35, n. 4, p. 442-454, 2018.

CLAUDINO-SALES, V. **Potencialidades da geodiversidade**: monólitos de Quixadá. In: Ciclo de Palestras: conhecer para AMAR e Preservar. 2020. Disponível em . Acesso em 21 jul 2021.

CPRM. Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará. Fortaleza, 142 p., 2003.

INESP – Instituto de Estudos e Pesquisa para o Desenvolvimento do Ceará. **Caderno Regional da Sub-Bacia do Banabuiú**. Vol. 2, 116 p., 2009.

LIMA, DLS. **GEOMORFOLOGIA EM ESTRUTURAS GRANÍTICAS: O CASO DO MACIÇO DE URUBURETAMA, CEARÁ, BRASIL.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará. 2018.

MAIA, Rúbson Pinheiro; BEZERRA, Francisco Hilário Rêgo; NASCIMENTO, Marcos Antônio Leite; CASTRO, Henrique Sampaio de; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade; ROTHIS, Luis Martin. GEOMORFOLOGIA DO CAMPO DE INSELBERGUES DE QUIXADÁ, NORDESTE DO BRASIL. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 239-235, 27 jun. 2015. Revista Brasileira de Geomorfologia. http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v16i2.651.

MAIA, Rubson Pinheiro; NASCIMENTO, Marcos Antônio Leite do. RELEVOS GRANÍTICOS DO NORDESTE BRASILEIRO.

Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 373-389, abr - jun. 2018.

MORAIS, Ângela L.A.. CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO DUPLEX DE JUATAMA (CEARÁ - BRASIL). **Revista Brasileira de Geociências**, Fortaleza, v. 2, n. 22, p. 139-142, jun. 1992.

NOGUEIRA, J.F. **ESTRUTURA, GEOGRONOLOGIA E ALOJAMENTO DOS BATÓLITOS DE QUIXADÁ, QUIXERAMOBIM E SENADOR POMPEU – CEARÁ CENTRAL.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. 2004.

OLÍMPIO, J.L.S *et al.* O QUE SABEMOS SOBRE OS INSELBERGUES DE QUIXADÁ E QUIXERAMOBIM, NORDESTE DO BRASIL? **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**. v. 2 nº 1. 2021

SAADI, A. & TORQUATO, J.R. (1994) **Contribuição à neotectônica do Estado do Ceará.** Revista de Geologia, Fortaleza-CE. 5: 5-38.

SGARBI, Patrícia Barbosa de Albuquerque. Rochas ígneas, *in* SCARBI, Geraldo Norberto Chaves. (org). **PETROGRAFIA MACROSCÓPICA DAS ROCHAS ÍGNEAS, SEDIMENTARES E METAMÓRFICAS**. UFMG, Belo Horizonte, 2ª ed. 2012.

TWIDALE, Charles Rowland; VIDAL ROMANÍ, Juan Ramon. **Landforms and Geology of Granite Terrains**. Boca Ratón, USA: CRC Press, 2005.

VERÍSSIMO, César Ulisses Vieira *et al.* **Petrografia e Litoquímica das formações ferríferas bandadas da região de Quixeramobim - Boa Viagem, Ceará, Brasil**. Geociências, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 43-52, abr. 2009.

VITTE, Antonio Carlos. **Considerações sobre a teoria da etchplanação e sua aplicação nos estudos das formas de relevo nas regiões tropicais quentes e úmidas.** Revista Terra Livre, São Paulo, nº 16. 2001. p. 11-24.

WARD, S. (2006). **Tafoni**. In: GOUDIE, A. S. Encyclopedia of geomorphology. Taylor and Francis, Londres: p. 1034-1035.