

Particularidades das áreas úmidas na bacia do Alto Rio São Francisco - MG: caracterização e tipificação na bacia do rio Picão

Moreira, V.M. (UFMG) ; Facury, D.M. (UFMG) ; Araújo, R.R.S. (UFMG) ; Magalhães Jr, A.P. (UFMG)

RESUMO

As áreas úmidas são sistemas hidrogeomorfológicos cuja dinâmica está ligada à circulação de água entre as diferentes formas e materiais do relevo. Este trabalho teve como objetivo caracterizar e tipificar, em caráter preliminar, as Áreas Úmidas (AUs) na Bacia hidrográfica do Rio Picão (BHRP), embora não tenha sido realizado o monitoramento extensivo das áreas úmidas de forma a acompanhar a sua dinâmica sazonal e anual. Estudos futuros podem auxiliar na melhor definição, classificação e compreensão dessas áreas. Sendo assim, as AUs mapeadas em ambiente SIG foram caracterizadas e agrupadas de acordo com as principais características hidrogeomorfológicas levantadas: contexto ambiental, ligação com a rede de drenagem, prováveis aspectos genéticos e manutenção de água nesses sistemas. Atualmente, os impactos das obras na BHRP se efetivam continuamente nos sistemas de AUs. Neste sentido, a identificação e caracterização das AUs torna-se um eficiente instrumento para subsidiar a sua proteção.

PALAVRAS CHAVES

Áreas úmidas; SIG; sistemas hidrogeomorfológicos; caracterização; tipificação

ABSTRACT

Wetlands are hydrogeomorphological systems whose dynamics are linked to the circulation of water between different forms and materials of the terrain. The objective of this study was to characterize and typify, in a preliminary manner, the wetlands in the hydrographic basin of the Picão river, although extensive monitoring of the wetlands was not carried out to follow their seasonal and annual dynamics. Future studies may help in better defining, classifying, and understanding these areas. The wetlands mapped in a GIS environment were characterized and grouped according to the main hydrogeomorphological characteristics identified: environmental context, connection with the drainage network, probable genetic aspects, and maintenance of water in these systems. Currently, the impacts of works in the basin are continuously affecting the wetland systems. Therefore, the identification and characterization of the wetlands becomes an efficient instrument to support their protection.

INTRODUÇÃO

Áreas úmidas (AUs) são sistemas hidrogeomorfológicos de grande importância para a manutenção dos ecossistemas e provisão de serviços ecossistêmicos. A sua configuração envolve uma complexa interação de variáveis fisiográficas, ocupando mais de 20% do território nacional e distribuídas em diferentes tipologias (CUNHA et al., 2016). No Brasil, há importantes lacunas de conhecimentos sobre a estruturação e dinâmica das AUs (BULLOCK; ACREMAN, 2005; TOOTH et al., 2015). O cerrado brasileiro é um bioma rico e diverso em áreas úmidas, mas muitas regiões ainda carecem de levantamentos mais específicos sobre as AUs. Na bacia do Alto Rio São Francisco estudos, como o de Araújo et al. (2022), buscou trazer abordagens hidrogeomorfológicas para a compreensão genética e a dinâmica de lagoas marginais e áreas úmidas, ressaltando a importância ambiental desses elementos na região. O presente estudo se insere nesse contexto, tendo como área de estudos a bacia hidrográfica do Rio Picão (BHRP), afluente do Rio Pará que, por sua vez, é um dos principais tributários da margem direita do Alto Rio São Francisco. O trabalho tem como objetivo identificar, caracterizar e tipificar, de forma preliminar, as áreas úmidas na bacia do rio Picão, utilizando-se de uma abordagem hidrogeomorfológica. Para atingir esse objetivo, foram utilizadas ferramentas em Sistema de Informação Geográfica (SIG) e trabalho de campo. A área de estudo está localizada na região centro-oeste de Minas Gerais (Fig. 1d). O quadro litológico (Fig. 1a) é formado, predominantemente, por camadas sedimentares com baixo grau de metamorfismo e os depósitos

cenozoicos consistem em coberturas detrito-lateríticas que sustentam os topos suavemente ondulados da bacia, além dos depósitos aluviais nos fundos dos vales do rio Picão e do ribeirão Capivari. As diferenças geológicas são importantes fatores para explicar a atuação do intemperismo, da pedogênese e da dinâmica hidrosedimentológica fluvial (BARROS E MAGALHÃES JR, 2020). Na BHRP, as planícies são constituídas por sedimentos principalmente arenosos, areno-argilosos e argilo-silticos (CPRM, 2009b). No contexto geomorfológico (Fig. 1c), se destacam as colinas dissecadas no embasamento cristalino a S-SE da bacia, onde se encontra a maior parte da infraestrutura urbana local. Nas áreas onde predominam coberturas detrito- lateríticas nota-se uma incipiente densidade de drenagem, o que provavelmente está associado à maior permeabilidade da superfície. O adensamento da rede hidrográfica ocorre sobretudo à jusante da porção central da bacia em direção à foz, com manchas a SW também marcadas por incisão da rede de drenagem nessas rochas. A maior coesão e menor permeabilidade dessas litologias favorecem o maior fluxo superficial durante as chuvas, explicando, também, a maior frequência de focos erosivos na porção inferior da bacia. A altimetria varia entre 570 e 870m, com os maiores valores associados às litologias do embasamento cristalino, e os menores ao vale do rio Picão (Fig. 1b). Essa grande mancha de planícies e terraços se mostra anômala em comparação com o tamanho da bacia, a capacidade e competência do rio e a sua localização no médio trecho dos vales. Araújo et al. (2022) sugerem que essa área pode se tratar de um paleocanal do rio São Francisco, o que justificaria a extensão do fundo de vale compatível com um curso d'água de grande porte. O uso da terra na BHRP mostra mosaicos de agricultura e pastagem (CBH DO RIO PARÁ, 2008), sobretudo em sua parte central. As modificações das paisagens pelas pressões antrópicas se refletem na funcionalidade e capacidade de suporte das AUs. As alterações realizadas nos usos da terra podem degradar esses ambientes tendendo a reduzir as áreas inundadas e o potencial de formação de sistemas úmidos por impactos associados à erosão acelerada, assoreamento e poluição, principalmente (MITSCH; GOSSELINK, 2015).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos: elaboração de mapas temáticos (litologia e relevo); tratamento e manipulação do Modelo Digital de Terreno (MDT) Forest and Buildings Removed Copernicus DEM (FABDEM) com resolução espacial de 30 metros; aplicação de índices morfométricos: Topographic Wetness Index (TWI) e Índice de Rugosidade do Terreno; detecção das AUs via Sensoriamento Remoto (SR); trabalho de campo e caracterização e tipologia de AUs Para o mapeamento do substrato litológico foram utilizadas as cartas geológicas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) na escala de 1:100:000. A área de estudo abarca as cartas de Bom Despacho (CPRM, 2009) na sua porção meridional, e a carta de Abaeté (CPRM, 2009b) ao norte. Os compartimentos geomorfológicos foram identificados inicialmente por meio da correlação dos dados litológicos, de solos, de hipsometria, declividade e densidade kernel de drenagem gerados a partir do MDT, sendo assim uma aproximação ao mapeamento de domínios geomorfológicos proposto por Oliveira, Augustin e Fonseca (2017). O FABDEM foi classificado por Bielski et al (2023) como o melhor MDT gratuito disponível atualmente. O cálculo do TWI e do ICR foram feitos a partir deste arquivo. As áreas úmidas caracterizam-se, entre outros fatores, pela presença de solos hidromórficos. As condições para o acúmulo de água no solo envolvem a presença de solos pouco permeáveis, ou de solos muito permeáveis que facilitam a mobilidade do nível freático e a exfiltração na superfície. O TWI é uma técnica de processamento esquematizada por MATTIVI et al. (2019) que descreve a tendência de uma determinada área acumular água. O ICR é uma técnica proposta por Sampaio e Augustin (2014), que consiste na análise de padrões de rugosidade do terreno a partir de parâmetros numéricos do relevo, entendendo como rugosidade a distribuição espacial da declividade, permitindo um reconhecimento da dissecação e compartimentação do relevo a partir desta variável. A detecção das áreas úmidas foi realizada por detecção visual e por meio do MDT FABDEM. A primeira foi realizada com base nas imagens do CBERS4A (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), com câmera multiespectral e pancromática de Ampla Varredura. Foram utilizadas imagens disponibilizadas para a região datadas de junho de 2021, pois apresentavam menor cobertura de nuvens. O reconhecimento destas feições por meio de detecção visual teve como base os critérios de cor, forma e textura apresentadas nas imagens de satélite, sendo que as AUs apresentam coloração verde escura a negra devido ao acúmulo de matéria orgânica, textura rugosa e formas irregulares. A utilização do MDT FABDEM para identificação de

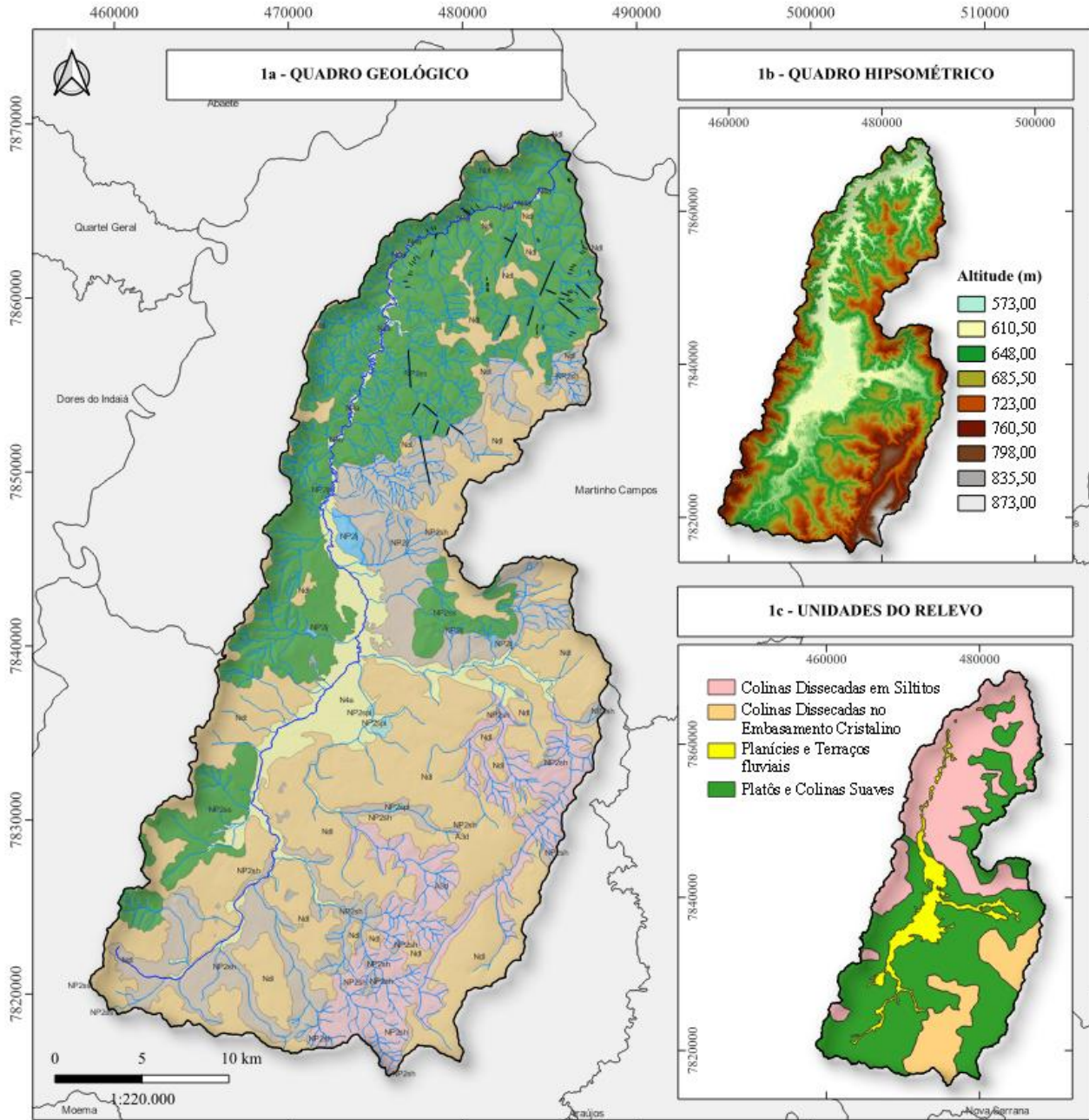
AUs se deu por conta da identificação de depressões fechadas na região. Essas depressões comumente consistem em locais de acúmulo de água, abrigando assim áreas úmidas. A detecção de depressões fechadas foi realizada seguindo a metodologia compilada por Pardo- Igúzquiza e Dowd (2021), com as adaptações propostas por Silva et al. (2022). Após a detecção de depressões fechadas por essas técnicas, foi realizada a detecção visual descrita acima para confirmar evidências da ocorrência delas. Todas as áreas úmidas identificadas inicialmente foram vetorizadas em ambiente SIG. O trabalho de campo foi realizado entre os dias 18 e 19 de março, logo após a estação chuvosa, e foi possível verificar, em algumas AUs, a presença de solos hidromórficos e de vegetação típica de áreas úmidas. Essa etapa foi importante para verificar se as litologias da área corresponderam ao mapeamento realizado, bem como entender a tipificá-las no contexto da paisagem da BRHP. Com os dados obtidos nas etapas anteriores, realizou-se a caracterização e tipificação das AUs encontradas. Esses procedimentos se baseiam nos parâmetros hidrogeomorfológicos (HGM) para caracterização de áreas úmidas apresentados por Ferreira (2020) e Gomes (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme apresentado na Figura 2a, os valores mais elevados do TWI, que indicam áreas com maior tendência ao acúmulo de água, coincidiram com áreas de valores mais reduzidos do ICR, que indicam áreas com menor rugosidade do terreno. Durante o trabalho de campo, foi possível confirmar que essas áreas são as que mais concentram áreas úmidas, estando presentes principalmente no entorno do rio Picão e do ribeirão Capivari, mas também em manchas de áreas mais claras formadas nas áreas mais elevadas com coberturas detrito-lateríticas. O TWI permitiu uma definição mais detalhada dos limites das AUs, enquanto o ICR, (Fig. 2b), apresentou zonas de maior probabilidade de ocorrência dessas áreas. A parte mais baixa da bacia, onde ocorrem colinas dissecadas sobre os siltitos, apresentou os valores mais elevados no ICR e valores baixos no TWI, indicando áreas com menor tendência à ocorrência de áreas úmidas, o que foi confirmado durante o trabalho de campo. Nessa área, as áreas úmidas estão restritas à meandros abandonados e pequenas lagoas marginais na planície do rio Picão. A BHRP apresenta diferentes tipologias de AUs que estão associadas a diferentes substratos litológicos e contextos hidrogeomorfológicos. As AUs ocupam cerca de 5% da área total e foram divididas em 4 tipologias (Fig. 3a). A classificação buscou agrupar AUs semelhantes quanto ao formato, posição topográfica, substrato litológico, conectividade e contexto hidrogeomorfológico, a saber: (1) AUs de planícies isoladas e periodicamente encharcadas; (2) AUs contínuas em várzeas permanentemente encharcadas; (3) AUs de cabeceira de drenagem e (4) AUs em depressões fechadas. As AUs de planícies isoladas e periodicamente encharcadas (Fig. 3b) se concentram no entorno do rio Picão, principalmente na área de colinas dissecadas em siltitos. As principais característica dessas AUs são: tamanho reduzido e presença de água dependente das flutuações do nível do rio Picão. Essas AUs se restringem a planícies de pequena extensão no entorno do rio principal, não apresentando conexão de água aparente entre elas. As AUs contínuas em várzeas permanentemente encharcadas (Fig. 3c) representam 77,09% das AUs da BHRP. Se localiza na parte central da bacia, entre as cotas 573 e 610 m, em uma extensa área plana de planícies e terraços fluviais. Essas planícies e terraços apresentam tamanho desproporcional em relação ao tamanho do rio Picão, sendo que sua gênese geomorfológica ainda precisa ser elucidada. As áreas úmidas desse tipo formam grandes manchas contínuas, com conexão hídrica por meio do substrato encharcado. As áreas úmidas nessa área já foram muito alteradas antropicamente, sendo esse o trecho da bacia que passou por processos de retificação, que permitiu o plantio de culturas (especialmente arroz) durante certo período. Dessa forma, o uso do solo atual nessas áreas é formado por um mosaico de pastagens, culturas e manchas de áreas úmidas existentes nesse setor. As AUs de cabeceira de drenagem (Fig. 3d) ocorrem na forma de áreas brejosas localizadas nos fundos do vale, com solos encharcados e geometrias irregulares. É comum que nos fundos de vale onde ocorre esse tipo de AU não ocorra um canal de água bem definido, sendo um fluxo de água difuso e lento no substrato da própria AU. Ocorrem preferencialmente nas cotas entre 610 e 760 m. Quando situadas em áreas urbanas, apresentam processo de degradação com a conversão do uso da terra contribuindo para processos de erosão e/ou assoreamento dos sistemas de AUs. Essa tipologia ocorre principalmente na parte sul da bacia, associado rochas cristalinas, aos siltitos do Grupo Bambuí e em vales escavados nas coberturas detrito-lateríticas. As

AUs em depressões fechadas (Fig. 3e) estão associadas a geometrias mais arredondadas em comparação com as anteriores. Essas AUs se concentram nos topos planos desenvolvidos nas coberturas detrito lateríticas, não apresentando conexão superficial com a rede de drenagem. Essas AUs estão circundadas por silvicultura, que predomina nas áreas de topografia favorável e dos solos mais profundos. Os depósitos aluvionares representam somente cerca de 7% da área da bacia, mas concentram, ao longo do vale do rio Picão e ribeirão Capivari, cerca de 3/4 das AUs mapeadas. A zona de confluência de ambos foi palco das intervenções responsáveis pela retificação do leito do rio Picão, o que permitiu, de maneira parcial, o aproveitamento de terras antes encharcadas para atividades agropecuárias. Apesar do avanço dessas atividades, esta zona ainda contém as AUs de maior extensão, formando manchas encharcadas e conectadas. A jusante do trecho das grandes manchas encharcadas citadas acima, o rio Picão adentra domínios de colinas dissecadas sobre siltitos da Formação Serra da Saudade. Nessa área, o curso d'água apresenta fundo de vale mais estreito, com planícies isoladas e pontuais. Desse trecho até a foz, a ocorrência de áreas úmidas é muito reduzida, estando restrita a meandros e lagoas marginais no entorno do rio principal. Os processos de artificialização da hidrografia regional ainda estão em pauta na bacia. O rio Picão tem apresentado períodos de reduzida vazão cada vez mais frequente, colocando em dificuldade o uso múltiplo das águas na região. Dessa forma, foi proposto um projeto de derivação do rio São Francisco para o rio Picão que tem como objetivo regularizar a vazão deste curso d'água (PREFEITURA DE BOM DESPACHO, 2021). É necessário, no entanto, apontar que as AUs apresentam enorme importância para o fornecimento de água para os rios, funcionando como uma esponja, como citado por Furlan (2019). Assim sendo, projetos de recuperação das AUs historicamente degradadas na BHRP são extremamente necessários para manter a oferta hídrica em médio e longo prazo, o que pode substituir ou complementar a proposta de derivação do rio São Francisco, que busca aumentar a oferta de água por meio de outra bacia. Vale ressaltar que, se a retificação do rio Picão e a drenagem de parte das planícies encharcadas reduziu o potencial de formação de AUs na bacia, a possível derivação do São Francisco pode aumentá-lo, mas de forma descontrolada. Os processos acelerados de deposição, por exemplo, devem ser previstos para que se previna a colmatação das AUs existentes. O trabalho apresenta um exemplo de aplicação da classificação de AUs desenvolvida por Gomes (2017) em um estudo que busca caracterizar e tipificá-las em uma área predominantemente rural. Durante o trabalho de campo e mapeamento em ambiente SIG, foi possível perceber que as definições de AUs estabelecidas por Gomes (2017) foram úteis para orientar a elaboração de uma classificação que se adequasse à escala espacial restrita. A partir da classificação proposta, foi possível dividir a tipologia referente às planícies inundáveis de acordo com o intervalo de tempo em que elas se encontram encharcadas e as AUs em depressões e cabeceiras de drenagem, tipos já classificados pela autora. Dessa forma, a classificação de AUs desenvolvida por Gomes (2017) se mostrou uma ferramenta útil e eficiente para orientar a elaboração de uma classificação de ambientes que permite a identificação de características específicas dos ambientes ecológicos pensados e, conseqüentemente, subsidiar estratégias de conservação desses ambientes.

Figura 1



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Rio Picão
- Rede hidrográfica
- Contorno da sub-bacia do rio Picão
- Limites municipais
- Contorno da bacia hid. do rio Pará

ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

- Falhas ou fraturas indiscriminadas
- Lineamentos estruturais

UNIDADES GEOLÓGICAS

Coberturas cenozóicas

- N4a - Sedimentos aluviais
- Ndl - Coberturas de trito-lateríticas

Supergrupo São Francisco

Grupo Bambuí

- NP2ss - Fm. Serra da Saudade: siltitos e argilitos com níveis de arenitos finos a muito finos. Laminação plano-paralela; estratificação ondulada cruzada truncada por ondas, marcas de ondas e gretas de ressecção
- NP2lj - Fm. Lagoa do Jacaré: calcarenitos finos a médios, cinza escuros a pretos, com níveis oolíticos, estromatolíticos e intraclastos.
- NP2sh - Fm. Serra de Santa Helena: siltitos com níveis de arenitos finos a muito finos.
- NP2spl - Fm. Sete Lagoas - Membro Pedro Leopoldo: calcilitos e calcissiltitos com estratificação plano-paralela, marcas de carga e estilólitos.

Complexo Divinópolis

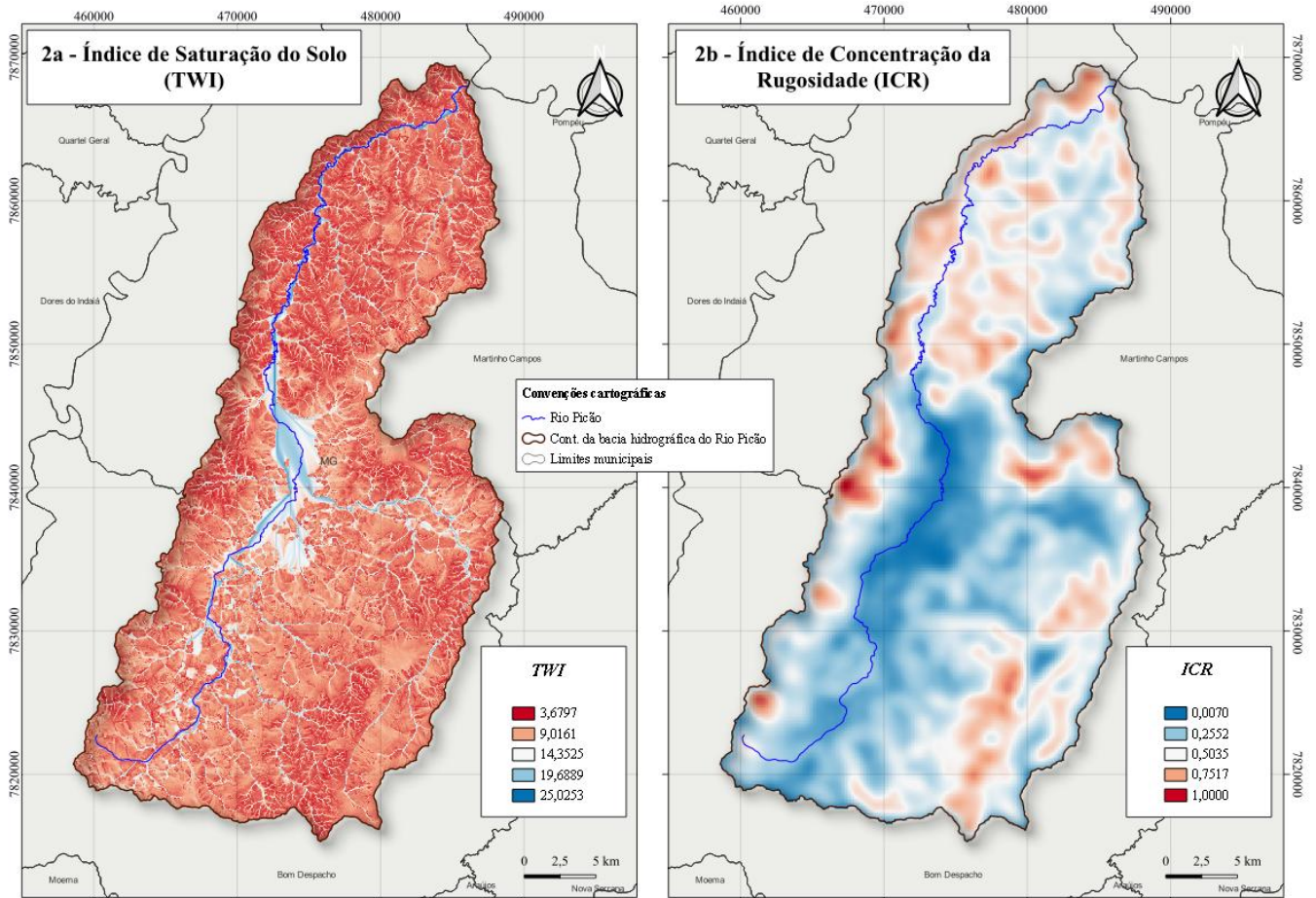
- A3d - Ortognaisse cinza, com bandas leucocráticas graníticas e mesocráticas granodióriticas, migmatitos e granitóides leucocráticos.

1d - LOCALIZAÇÃO DA BACIA

Datum: Sirgas 2000 UTM 23S
Fontes: CPRM (2009); IBGE (2021); IGAM (2010); JAXA/METI (2011); RIVUS (2023).

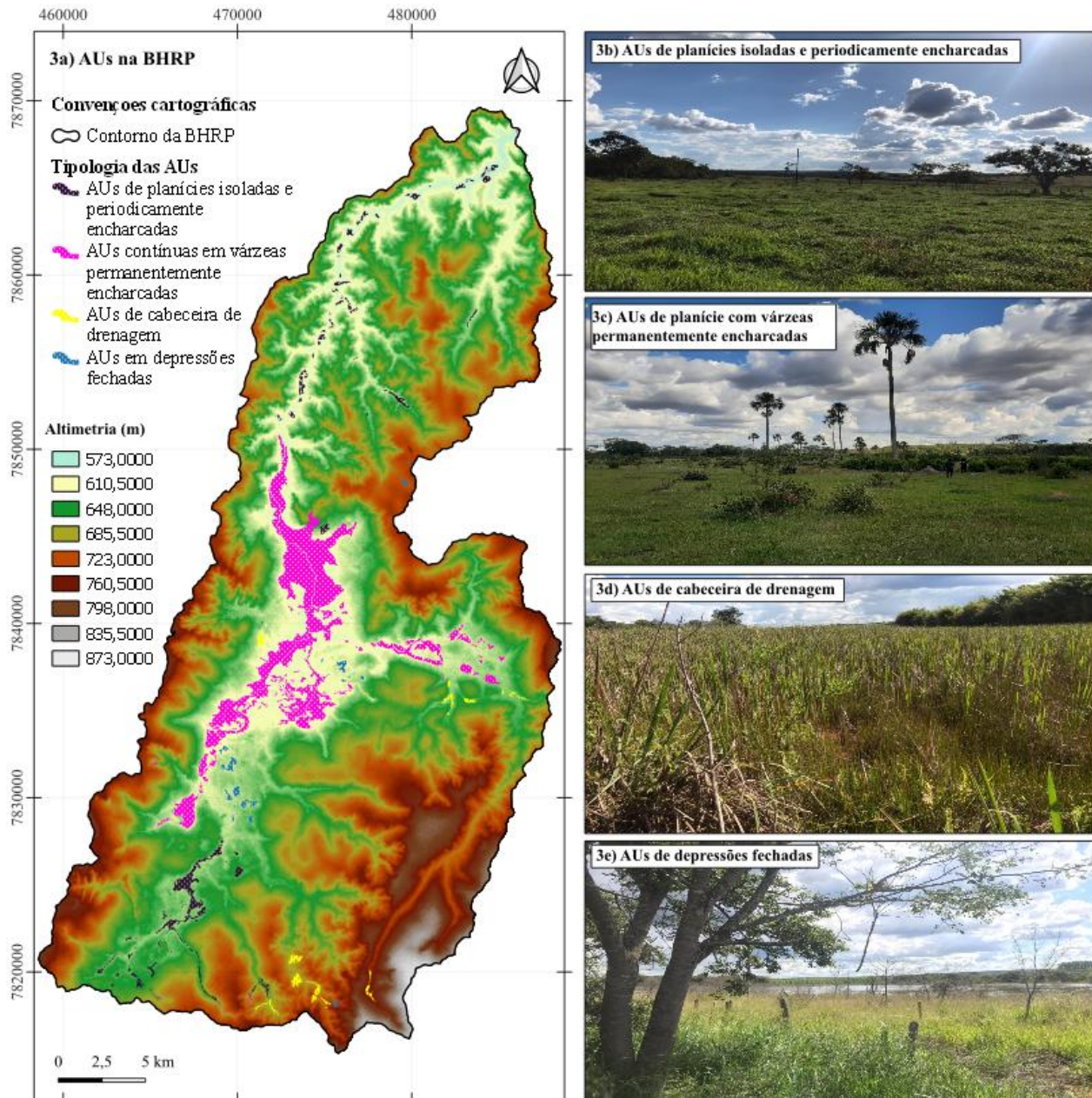
Características fisiográficas da BHRP. 1a) Quadro Geológico; 1b) Quadro Hipsométrico; 1c) Unidades do Relevo; 1d) Localização

Figura 2



TWI e ICR.

Figura 3



CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ÁREAS ÚMIDAS

Tipo AU	Litologia de Ocorrência	Intervalo Altimétrico	Unidade Geomorfológica	Conexão com a rede de drenagem	Área relativa ao total de AUs da bacia (%)
Depressões Fechadas	Coberturas Detrito-Lateríticas	610 e 760,50m	Colinas Amplas e Suaves	Não	3,47
Cabeceiras de Drenagem	Ortognaisses, Coberturas Detrito-Lateríticas e Siltitos	610 e 760,50m	Colinas Dissecadas	Sim	4,56
Planícies isoladas e temporariamente encharcadas	Alúvios	573 a 685,5m	Planícies e Terraços	Sim	14,88
Várzeas permanentemente encharcadas	Alúvios	573 e 610,50m	Planícies e Terraços	Sim	77,09
					100,00

Espacialização dos tipos de AUs na BHRP.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proteção das AUs envolve o controle dos processos de uso e ocupação da terra e dinâmicas de educação e conscientização ambiental. As ferramentas SIG e de SR, nessa perspectiva, possibilitam o monitoramento e a análise ambiental em diferentes escalas, levando a uma maior eficiência nos trabalhos de caracterização em campo, além da economia de recursos. O cálculo do TWI, do ICR e a utilização de imagens de satélites se complementam e proporcionam mais eficiência na localização e mapeamento de AUs, mas, para além de todo o contexto físico-natural, a validação em campo é necessária para entender esses sistemas hidrogeomorfológicos como elementos do espaço geográfico. Assim, o presente trabalho deixa claro que, diante dos resultados obtidos, são necessárias novas pesquisas que aprofundem os conhecimentos sobre AUs na região. Ao identificar as diferentes tipologias dessas áreas é possível avaliar suas características e entender como elas interagem com os diferentes aspectos fisiográficos. Essas informações são importantes para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois permitem identificar e proteger as áreas mais sensíveis e os habitats mais importantes de espécies animais e vegetais. A partir dessa classificação e tipificação, é possível conhecer melhor as características e necessidades específicas de cada área, permitindo a adoção de medidas mais efetivas para garantir a disponibilidade de água de qualidade e a conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres associados.

AGRADECIMENTOS

Pela colaboração para a realização da pesquisa agradecemos: ao Programa de Pós- Graduação em Geografia (UFMG), ao Grupo RIVUS, à CAPES (Código de Financiamento 0001) e ao CNPq pela concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ARAÚJO, R. R. S.; OLIVEIRA, D. A.; RIBEIRO, E. V.. ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DA OCORRÊNCIA DE LAGOAS MARGINAIS NO ALTO CURSO DO RIO SÃO FRANCISCO. Caderno de Geografia, Belo Horizonte, ano 2022, v. 32, n. 71, p. 1292-1316, 26 out. 2022. DOI <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2022v32n71p1292>. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/28770>. Acesso em: 23 jan. 2023.
- BIELSKI, C.; LÓPEZ-VÁZQUEZ, C.; GROHMANN, C.H.; GUTH, P.L.; TMSG DEMIX Working Group, 2023. DEMIX Wine Contest Method Ranks ALOS AW3D30, COPDEM, and FABDEM as Top 1” Global DEMs. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2302.08425.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.
- BOM DESPACHO OFICIALIZA PROJETO DE DERIVAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O RIO PICÃO. Prefeitura de Bom Despacho, 28 ago. 2021. Disponível em: <https://www.bomdespacho.mg.gov.br/noticias/veja-como-foi-o-lancamento-da-derivacao-do-rio-sao-francisco-para-o-rio-picao/>. Acesso em: 21 jan. 2023.
- BULLOCK, A.; ACREMAN, M.: The role of wetlands in the hydrological cycle, Hydrology and Earth System Sciences, 7, 358–389, <https://doi.org/10.5194/hess-7-358-2003>, 2003.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ – CBH DO RIO PARÁ. (2008). Plano Diretor de Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Disponível em: <https://cbhriopara.org.br/rio-para/plano-diretor/>. Acesso em 21 jan. 2023.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. FOLHA SE.23-Y-D-III ABAETÉ. Ministério de Minas e Energia, 2009. (Programa Geologia do Brasil).
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. FOLHA SE.23-Y-D-VI BOM DESPACHO. Ministério de Minas e Energia, 2009. (Programa Geologia do Brasil).
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Projeto São Francisco. Província mineral Bambuí. Mapeamento geológico, avaliação de recursos hídricos da bacia do São Francisco em Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2001.
- CUNHA, C. N.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J.. Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats. Cuiabá: EDUFMT, 2015. 165 p.

- FURLAN, L. M. Hidrodinâmica em área úmida de cerrado na chapada sedimentar do oeste mineiro. 2019. 109 p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro - SP, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/182498>. Acesso em: 26 abr. 2023.
- GOMES, C. S. Bases teórico-conceituais e subsídios para a classificação hidrogeomorfológica das áreas úmidas em Minas Gerais. 2017. 212 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Geografia, IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- MAGALHÃES JR, A. P.; BARROS, L. F. P. Bases teóricas e fatores controladores da dinâmica fluvial. In: MAGALHÃES JR, A. P.; BARROS, L. F. P. (org.). HIDROGEOLOGIA: formas, processos e registros sedimentares fluviais. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. 516p.
- MATTIVI, P.; FRANCI, F.; LAMBERTINI, A.; BITELLI, G.. TWI computation: a comparison of different open source GISs. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, [S.L.], v. 4, n. 1, 2019.
- MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. *Wetlands*. 5. ed. New Jersey: Wiley, 2015.
- OLIVEIRA, D. A.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; FONSECA, B. M.. Proposta de mapeamento e delimitação dos domínios geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Pandeiros-MG. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, v. 1, 2017. DOI <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2520>. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2520>. Acesso em: 16 abr. 2023.
- PARDO-IGUZQUIZA, E; DOWD, P. The mapping of closed depressions and its contribution to the geodiversity inventory. *International Journal of Geoheritage and Parks*, Beijing, 2021, ed. 9, p. 480-495, 23 nov. 2021. DOI 10.1016/j.ijgeop.2021.11.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2577444121000447>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- 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, n. 1, 2014. <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i1.376>. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/376>. Acesso em: 16 abr. 2023.
- SILVA, G. B.; CHEREM, L. F. S.; AMARAL, A. K. N. O Mapeamento de dolinas utilizando Modelo Digital de Elevação na Borda Ocidental do Chapadão Central - Oeste da Bahia, Brasil. *Ateliê Geográfico, Goiânia*, v. 16, n. 1, 2022. DOI: 10.5216/ag.v16i1.71903. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/ateliê/article/view/71903>. Acesso em: 16 abr. 2023.
- TOOTH, S.; ELLERY, F.; GRENFELL, M.; THOMAS, A.; KOTZE, D.; RALPH, T. 10 Reasons why the geomorphology of wetlands is important. *Wetlands in Drylands Research Network*, 2015. Disponível em: <http://wetlandsindrylands.net/wp-content/uploads/2015/10/10-Reasons-Geomorphology-of-Wetlands-NEAR-FINAL-FULL-COLOUR.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2022.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS - UFLA; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS - FEAM. Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais. Mapa col. 1: 650.000. Projeção Policônica, 2010. Disponível em: http://www.dps.ufv.br/?page_id=742. Acesso em: 07 de abr. 2023.