

Morfometria fluvial na bacia do rio Jequitinhonha – Serra do Espinhaço Meridional – MG - como subsídio à investigação da configuração e evolução da rede hidrográfica e do relevo

Carvalho, A. (IFMG - OURO PRETO) ; Ribeiro, B.S. (IFMG - OURO PRETO) ; Oliveira, G.T. (IFMG - OURO PRETO) ; Magalhães Junior, A.P. (UFMG - IGC) ; Andrade, A.A. (UFMG - IGC)

RESUMO

Este trabalho buscou caracterizar morfometricamente os vales fluviais e bacias hidrográficas de afluentes da margem esquerda do Alto Jequitinhonha, fornecendo subsídios para a análise da dinâmica fluvial e da configuração e evolução do relevo. Foram elaborados perfis longitudinais e calculados o Índice de sinuosidade (Is), Relação de relevo (Rr), Densidade de drenagem (Dd), Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD) e Relação declividade-extensão (RDE). O Is, Dd e Rr indicam elevado potencial energético na área, destacando-se a incisão fluvial como um dos principais processos geomorfológicos regionais. O RDE e os knickpoints identificados devem estar relacionados ao controle litoestrutural e à dinâmica neotectônica. Os deslocamentos de canais verificados com o FABD variam em termos de sentido e sugerem um provável controle litoestrutural.

PALAVRAS CHAVES

Geomorfologia fluvial; Rede de drenagem; Índices morfométricos; rio Jequitinhonha; Controle litoestrutural

ABSTRACT

This work aims to characterize the morphometry of the river valleys and watersheds of tributaries on the left margin of the Upper Jequitinhonha River, providing information to analyze fluvial dynamics, the relief configuration, and its evolution. The research involved the analysis of longitudinal profiles and the application of the Sinuosity Index (Is), Relief Ratio (Rr), Drainage Density (Dd), Drainage Basin Asymmetry Factor (FABD), and Slope-Extension Ratio (RDE). The Is, Dd, and Rr indicate high energy potential in the area, highlighting the river incision as one of the main regional geomorphological processes. The RDE and identified knickpoints could be related to lithostructural control and neotectonic dynamics. Channel displacements verified with the FABD vary in terms of direction and suggest a probable lithostructural control.

INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico e a disponibilização de bases cartográficas e imagens de satélite de melhor resolução espacial têm contribuído com o avanço do conhecimento sobre sistemas fluviais e o papel de condicionantes naturais e antrópicos. Desse modo, o geoprocessamento, o sensoriamento remoto e a cartografia digital, bem como as técnicas morfométricas, têm contribuído em estudos sobre as paisagens naturais. No caso da morfometria dos sistemas fluviais, elementos como a geometria de cursos d'água, a configuração de perfis longitudinais e formas de bacias hidrográficas, e as anomalias de drenagem, como cotovelos, podem indicar influências litoestruturais e tectônicas na dinâmica da rede de drenagem e na configuração e evolução do relevo (HOWARD, 1967; HOTT, FURTADO, 2004; GUERRA, MARÇAL, 2006; GROHMANN, RICCOMINI, ALVES, 2007; CHEREM, 2008; HARTWIG, RICCOMINI, 2010; FELIPPE et al., 2012; SILVA, FURRIER, 2019; CHEREM et al., 2020; CARVALHO, MAGALHÃES JUNIOR, 2020;). Ademais, as ciências ambientais também fazem uso de índices morfométricos para a identificação de possíveis condicionantes bioclimáticos e antrópicos na dinâmica das paisagens (ACKLAS JUNIOR, ETCHEBEHERE, CASADO, 2003; FUJITA et al., 2011; MIOTO et al., 2014). Nos estudos geomorfológicos, as análises de morfometria fluvial estão, geralmente, associadas à busca de identificação de “anomalias” e de seus condicionantes. As anomalias são entendidas, neste contexto, como padrões morfológicos diferentes do habitualmente identificado em cada sistema fluvial, como segmentos retilíneos, meandros comprimidos, vales fluviais estreitos e com canais marcadamente encaixados, fundos de vale alargados e colmatados, cotovelos de

drenagem, entre outros (SILVA et al., 2006). A Serra do Espinhaço Meridional – SdEM é um dos mais estudados compartimentos do relevo do estado de Minas Gerais, tendo sido palco de diversas pesquisas sobre a organização do relevo e o papel dos processos fluviais na configuração do modelado. Estudos pedológicos e geomorfológicos têm mostrado registros de atividade neotectônica regional e ajustes nos sistemas fluviais, como alterações na cobertura pedológica, encaixamento da rede de drenagem e presença de terraços fluviais escalonados (CARVALHO et al., 2018; CARVALHO, 2019; CARVALHO, MAGALHÃES JUNIOR, 2021a; 2022; MAGALHÃES et al., 2022). Alguns desses estudos utilizaram técnicas morfométricas, mas com foco em sistemas fluviais da bacia do rio São Francisco (AUGUSTIN, FONSECA, ROCHA, 2011; FONSECA, AUGUSTIN, 2014; MILAGRES, AUGUSTIN, FONSECA, 2016; LOPES et al., 2016; CARVALHO, MAGALHÃES JUNIOR, 2021b). Desta forma, os sistemas da bacia do rio Jequitinhonha ainda não foram adequadamente estudados e caracterizados em termos morfométricos, mas há indícios de registros semelhantes que indiquem a mesma dinâmica neotectônica da porção da bacia do São Francisco. Visando contribuir para os avanços de conhecimentos neste contexto, o trabalho objetiva caracterizar morfometricamente os vales fluviais e bacias hidrográficas de afluentes da margem esquerda do Alto Jequitinhonha, fornecendo subsídios para a análise da dinâmica dos sistemas hidrográficos e dos condicionantes da configuração e evolução do modelado regional. Desse modo, foram selecionados os seguintes cursos d'água: rios Jequitinhonha e Pinheiro, ribeirões Acaba Saco, das Lajes, dos Borbas, Inferno, São Bartolomeu e córregos Lambari, Samambaia e Santa Maria.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende parte do alto curso do rio Jequitinhonha e as bacias hidrográficas de afluentes da sua margem esquerda. A área se localiza nas superfícies elevadas da porção oeste da SdEM, cuja altitude reflete a maior resistência de quartzitos e metaconglomerados aos processos de desnudação. A SdEM possui altitude média de 1.250m e as áreas deprimidas intramontanas têm cotas médias entre 950 e 1.000m. (ALMEIDA-ABREU; RENGER, 2002; SALGADO; VALADÃO, 2003; CHAVES; COELHO, 2013; MAGALHÃES JÚNIOR; BARROS; FELLIPE, 2015). A região possui falhas inversas e de empurrão e dobras com orientação N-S, associadas a um encurtamento geral com sentido E-W. As anticlinais escavadas e as sinclinais suspensas refletem o papel da erosão diferencial (KNAUER, 2007; ALKMIN et al. 2007). A área é marcada por um complexo quadro litoestrutural, composto por rochas arqueanas e paleoproterozoicas do embasamento e supracrustais dos supergrupos Espinhaço e São Francisco, além de intrusões máficas pós-Espinhaço (ALKMIN et al., 2007; CORDEIRO et al., 2008). As bases cartográficas da bacia do rio Jequitinhonha que foram utilizadas forneceram as seguintes informações: topográficas (curvas de nível de 12,5 m), extraídas de imagens Alos Palsar, hidrográficas (IDE SISEMA - 1:100.000) e geológicas (CODEMIG - 1:100.000). Realizou-se o mapeamento dos canais principais (rios Jequitinhonha e Pinheiro, ribeirões Acaba Saco, das Lajes, dos Borbas, Inferno, São Bartolomeu e córregos Lambari, Samambaia e Santa Maria), utilizando imagens do Google Earth. Foram utilizados os seguintes índices morfométricos: Índice de sinuosidade (Is), Relação declividade-extensão (RDE), Relação de relevo (Rr), Densidade de drenagem (Dd) e Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem, além dos perfis longitudinais. O perfil longitudinal é o gradiente de sua linha de superfície da água desde a nascente até a foz (HUGGETT, 2002). A forma côncava ou convexa e as rupturas de declive (knickpoints) podem refletir as condições do leito, como as influências litoestruturais e/ou tectônicas (SILVA et al., 2006; ZANCOPE et al., 2009). O Is (HORTON, 1945) reflete o grau de divagação de um canal e condições de energia. Utiliza-se a equação $Is=L/dv$. Onde L é o comprimento total do canal e dv corresponde à distância vetorial entre os pontos extremos do canal. O índice RDE (HACK, 1973) permite analisar perfis longitudinais ou segmentos e identificar anomalias (FUJITA, 2009). São utilizadas as equações $RDE_{total}=\Delta H/\ln L$ e $RDE_{trecho}=(\Delta H/\Delta l)L$, onde ΔH é igual à diferença altimétrica entre os extremos do canal ou do trecho analisado, $\ln L$ é o logaritmo natural, L é a extensão total do canal e Δl é a extensão do trecho analisado. A relação RDE_{trecho}/RDE_{total} permite identificar anomalias no perfil longitudinal. Trechos sem anomalia possuem valores inferiores a 2, com anomalia de 2ª ordem têm valores entre 2 e 10 e com anomalia de 1ª ordem possuem valores acima de 10 (QUEIROZ, SALAMUNI, NASCIMENTO, 2015). A Rr (SCHUMM, 1956) serve como um indicativo das condições de energia nos canais de uma bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980). Utiliza-se a equação $Rr=\Delta a/L$. Assim, Δa é a amplitude altimétrica e L é o comprimento do canal principal. A Dd (HORTON, 1945) é utilizada

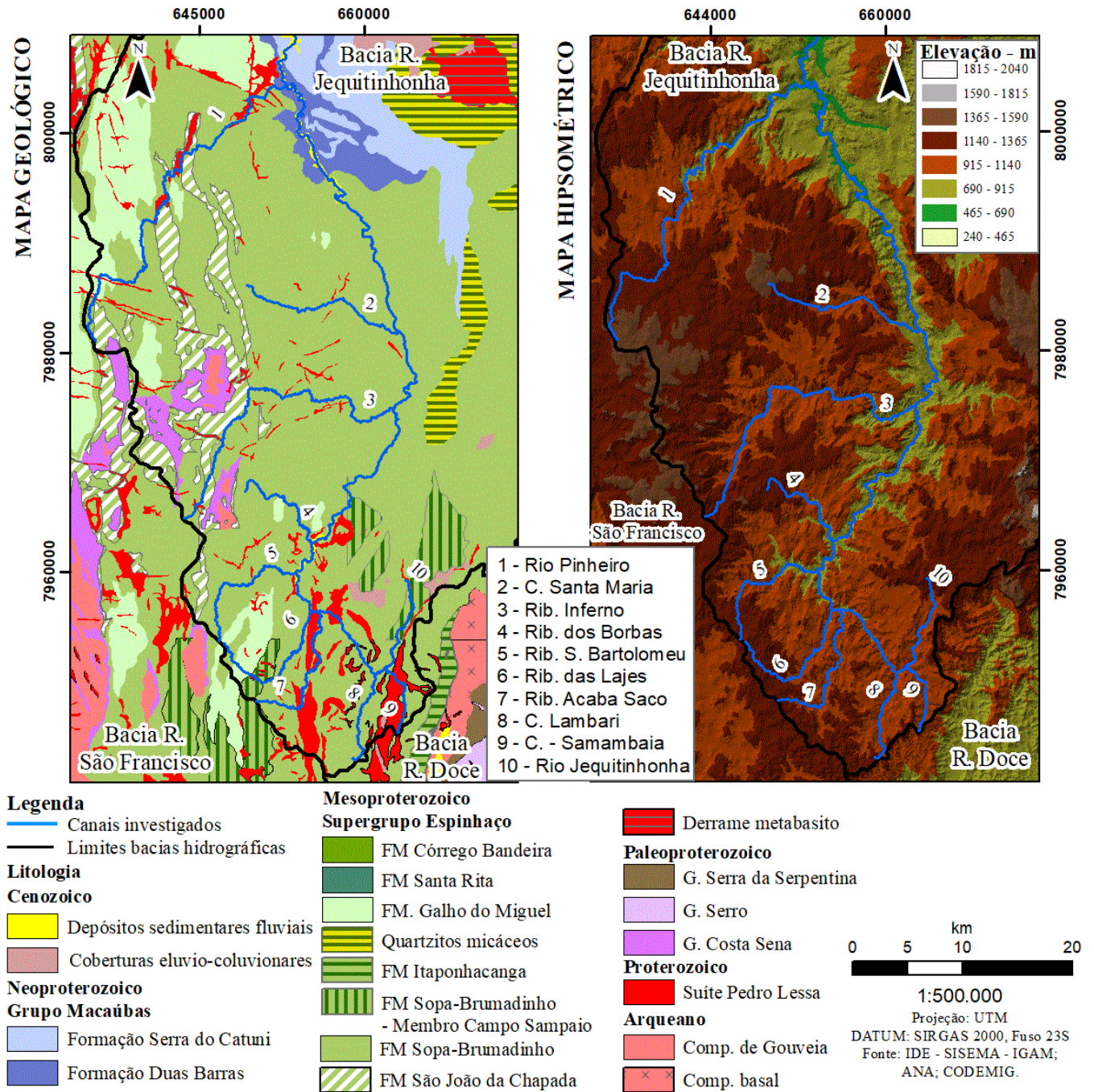
para compreender o comportamento hidrológico dos substratos (CHRISTOFOLETTI, 1980) ou como um indicador de atuação de processos erosivos e produção de sedimentos (SANTOS et al., 2005). Ela é calculada pela equação $Dd = Lt/A$. Onde Lt é o comprimento total dos canais e A é a área total da bacia. O FABD (HARE, GARDNER, 1985) permite identificar deslocamentos laterais do curso d'água principal. Ele é calculado pela equação $FABD = 100(Ra/Ta)$, onde Ra é a área da bacia localizada na margem direita do canal e Ta representa a área total da bacia. Valores próximos a 50 indicam que não houve deslocamento ou deslocamentos insignificantes, já valores próximos de zero ou de 100 indicam o contrário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que todos os canais investigados apresentam valores de Is que podem ser associados a canais retilíneos ou intermediários. Os valores variaram da seguinte forma: c. Samambaia, 1,03 a 1,62; c. Lambari, 1,01 a 1,38; rib. Acaba Saco, 1,0 a 1,55; rib. das Lajes, 1,03 a 1,67; rib. São Bartolomeu, 1,03 a 1,83; rio Pinheiro, 1,0 a 1,93; c. dos Borbas, 1,01 a 1,64; c. Santa Maria, 1,0 a 1,92; r. Inferno, 1,0 a 1,87; e rio Jequitinhonha, 1,0 a 1,49. Os valores mais baixos são um indicativo de existência de cursos d'água com maior potencial energético. Neles, a incisão fluvial é um processo geomorfológico importante, provavelmente condicionada pelo rebaixamento do nível de base regional representado pelo rio Jequitinhonha. O Is também pode ser relacionado à carga sedimentar, à litologia e à declividade dos canais (LANA, 2004). Nos casos investigados, o Is apresenta indícios de maior relação com a declividade dos canais e, portanto, com a estabilização de níveis de base locais/regional. No caso do RDEs/RDEt, a interpretação dos resultados tem sido tradicionalmente associada a controle litoestrutural e tectônico (ETCHEBEHERE et al.; 2004; FUJITA, 2009; CAMOLEZI, FORTES, MANIERI, 2012). Todos os canais investigados possuem anomalias de 1ª e 2ª ordens. Nos 100 km do rio Jequitinhonha investigados (da nascente até a foz com o rio Pinheiro) é possível distinguir dois compartimentos: nos primeiros 60 km, a partir da nascente, ocorrem anomalias de 1ª e 2ª ordem, enquanto nos 40 km a jusante não há trechos "anômalos". Entre os km 26 e 36 e entre os km 80 e 100, foram identificados segmentos sem anomalias associados a zonas de acumulação de sedimentos. No rio Pinheiro, a maior parte das anomalias está associada a mudanças litológicas. A FM São João da Chapada (quartzitos médios) e a FM Galho do Miguel (quartzitos puros) se destacam suportando elevadas altitudes e valores de RDEs/RDEt mais elevados. Os quartzitos da FM Galho do Miguel também ocorrem na bacia do rib. das Lajes, onde podem ser associados a anomalias de 1ª e 2ª ordens no alto curso. No rib. Inferno, a litologia pode ser associada a anomalias verificadas no alto curso, enquanto no baixo curso elas devem ser resposta do canal ao rebaixamento do nível de base no r. Jequitinhonha. No rib. São Bartolomeu e nos córregos Lambari e Santa Maria e no rib. dos Borbas, os canais atravessam apenas as rochas da FM Sopa-Brumadinho (filitos, quartzitos, entre outras) e possuem anomalias de 1ª e 2ª ordens. Nesses cursos d'água, as anomalias também devem resultar da incisão fluvial induzida pelo rebaixamento do nível de base (rio Jequitinhonha) ou das variações litológicas que não são diferenciadas na carta geológica. No rib. Acaba Saco as anomalias ocorrem ao longo de todo o canal e, assim como no c. Lambari, elas devem estar associadas a pulsos de erosão remontante devido à incisão fluvial no rio Jequitinhonha. No c. Samambaia, as anomalias podem ter relação com a variação das rochas identificadas (FM Sopa Brumadinho e Suíte Pedro Lessa - metabasitos). Com relação aos knickpoints verificados, é possível distinguir dois grupos de cursos d'água. Em um, os knickpoints têm relação com a variação litológica, bastante complexa em termos de tipos, idades e graus de resistência à desnudação (Fig. 1 e 2). O outro grupo é composto por segmentos nos quais ocorrem anomalias de 1ª e 2ª ordens, apesar da ocorrência de uma única litologia. Esse é o caso dos córregos Santa Maria (Fig. 3) e Lambari e dos rib. dos Borba e São Bartolomeu que atravessam apenas rochas da FM Sopa-Brumadinho (filitos, quartzitos, entre outras). No córrego Samambaia (Fig. 3) e no ribeirão Acaba Saco, o curso d'água as litologias da Suíte Pedro Lessa (metabasitos) e FM Sopa- Brumadinho (filitos, quartzitos, entre outras) se alternam, não sendo possível associar os knickpoints às variações dessas duas formações. Nesses casos, as anomalias devem ser reflexo de pulsos de erosão remontante provenientes da incisão fluvial do rio Jequitinhonha. A dinâmica neotectônica pode ser responsável por inputs de energia que geram knickpoints em substratos homogêneos litologicamente. A atividade neotectônica regional tem sido apontada em diversos trabalhos geomorfológicos, com pulsos diferenciais de blocos fazendo parte da dinâmica

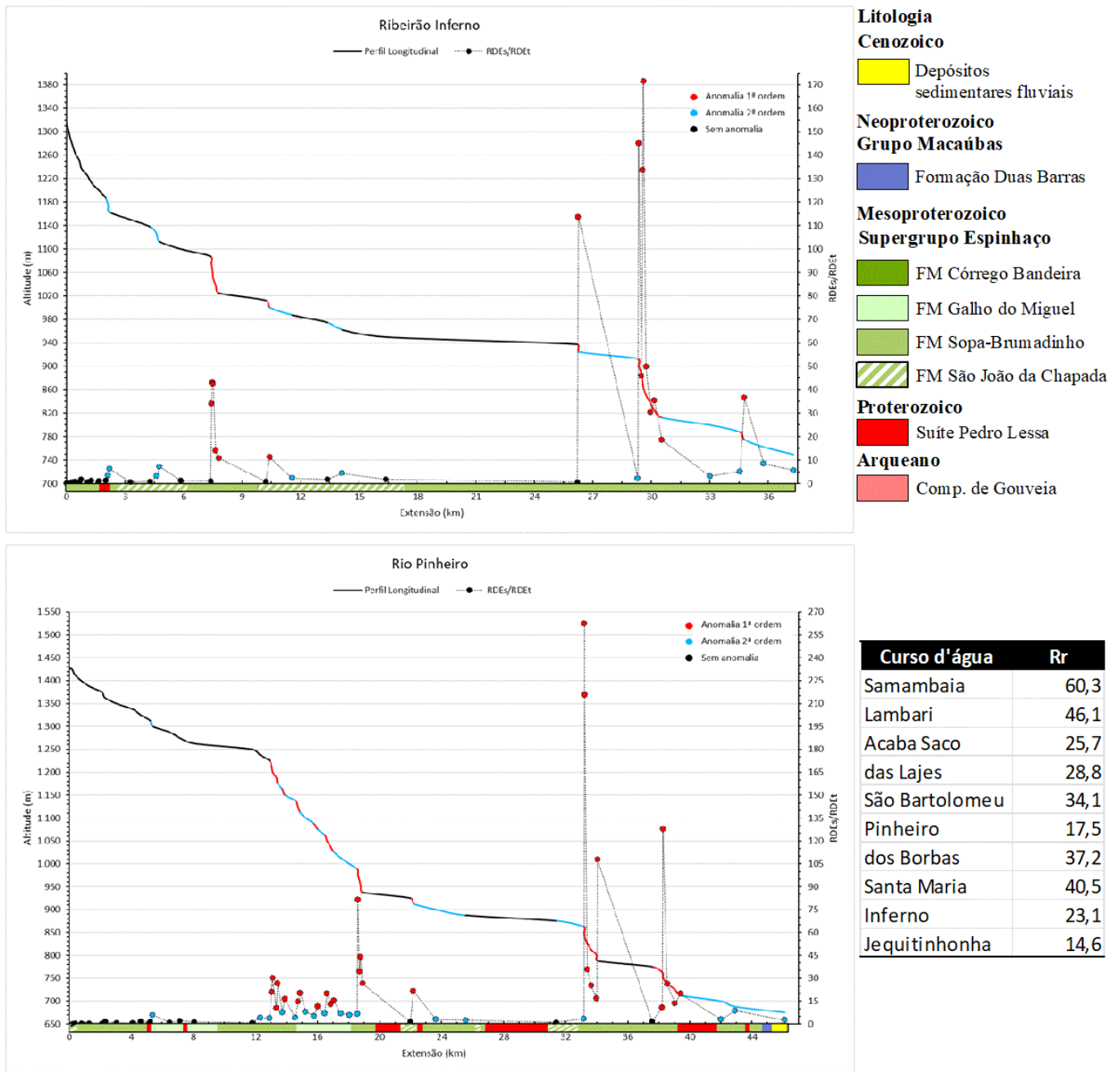
soerguimento epirogenética do Escudo Brasileiro (SAADI; VALADÃO, 1987; SAADI, 1995; BUENO, TRINDADE, MAGALHÃES JUNIOR, 1997; CARVALHO et al., 2018; CARVALHO, 2019; CARVALHO, MAGALHÃES JUNIOR, 2021a; 2021b; 2022;). O cálculo da R_r revelou os seguintes valores que variaram entre 14,6 (rio Jequitinhonha) e 60,3 (c. Samambaia - Fig. 2). A R_r permite a comparação entre bacias hidrográficas quanto à energia disponível para a ocorrência de processos geomorfológicos. A R_r pode ser utilizada como um indicativo da capacidade energética de bacias. As bacias potencialmente com mais energia são as dos córregos Samambaia (60,3), Lambari (46,1) e Santa Maria (40,5) e do rib. dos Borbas (37,2). Esses cursos d'água têm em comum o fato de atravessarem apenas as rochas da FM Sopa-Brumadinho (c. Lambari, Santa Maria e dos Borbas) ou as rochas da FM Sopa-Brumadinho e Suíte Pedro Lessa (c. Samambaia). Destaca-se que nos altos cursos dos c. Santa Maria e rib. dos Borbas ocorrerem rochas da FM São João da Chapada, composta por quartzitos médios, que sustentam maiores altitudes na região, justificando a maior amplitude altimétrica e R_r nas referidas bacias. As bacias investigadas apresentaram valores de D_d que variaram entre 1,1km/km² (rib. dos Borbas) e 1,8km/km² (c. Samambaia e Lambari) (Fig. 3). Como a D_d está associada à energia e às características dos substratos, áreas com rochas permeáveis tendem a apresentar valores mais baixos. Além disso, infere-se que em bacias com input de energia importante a incisão fluvial seja intensificada e, conseqüentemente, ocorra o aumento do número de canais e de sua extensão, aumentando a D_d . Em áreas mais estabilizadas, espera-se o contrário, com menor D_d . Os valores mais elevados foram identificados em bacias de afluentes do Jequitinhonha localizados em áreas nas quais predominam rochas metabásicas - Suíte Pedro Lessa (rib. Acaba Saco e c. Lambari e Samambaia, 1,8km/km² em cada). Assim, a D_d pode estar sendo condicionada tanto pelos diferentes graus de resistência litológica quanto pela resposta dos canais ao rebaixamento do nível de base na alta bacia do Jequitinhonha. Os córregos Samambaia e Lambari apresentam valores de D_d e R_r que os colocam como de maior potencial de energia entre os cursos d'água investigados, sendo estes os afluentes do rio Jequitinhonha mais a montante. Embora Santos et al. (2005) tenham relacionado a D_d à produção de sedimentos, as bacias hidrográficas investigadas e com menores valores de D_d são justamente as que apresentam maiores depósitos sedimentares em forma de barras arenosas associadas aos canais (rio Pinheiro - 1,2 - e rib. Inferno - 1,3). O FABD revelou o predomínio de leves deslocamentos dos canais, seja para W (c. Samambaia - 62,0), para NW (rib. Acaba Saco - 72,5; rio Pinheiro - 59,0), para E (c. Lambari - 35,9 e rio Jequitinhonha - 40,3), para SE (rib. das Lajes - 43,4) e para S (rib. São Bartolomeu - 40,4 e Inferno - 31,0). O c. Santa Maria não apresenta deslocamento (50,3 - Fig. 3). Não há evidências de um controle tectônico que estaria condicionando esses deslocamentos, os quais ocorrem em diferentes direções. Carvalho e Magalhães Junior (2020) identificaram deslocamentos generalizados de canais para E na bacia do rio Paraúna, ao sul da área investigada, na SdEM, associando-os ao mergulho das camadas e dobramentos das rochas. Desse modo, nas bacias investigadas, os deslocamentos em sentidos diferentes, em cada caso, parecem estar associados mais ao condicionamento litoestrutural do que a basculamentos, conforme alerta Rubin (1999).

Figura 1



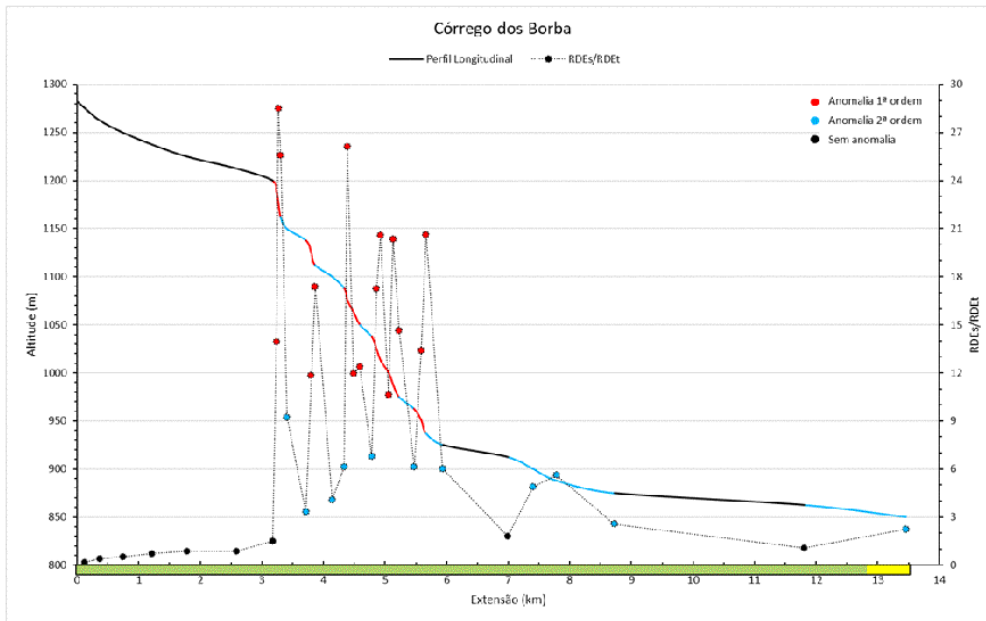
Quadro geológico regional e mapa hipsométrico.

Figura 2



Perfis longitudinais com anomalias condicionadas pela litologia e tabela com valores de Rr.

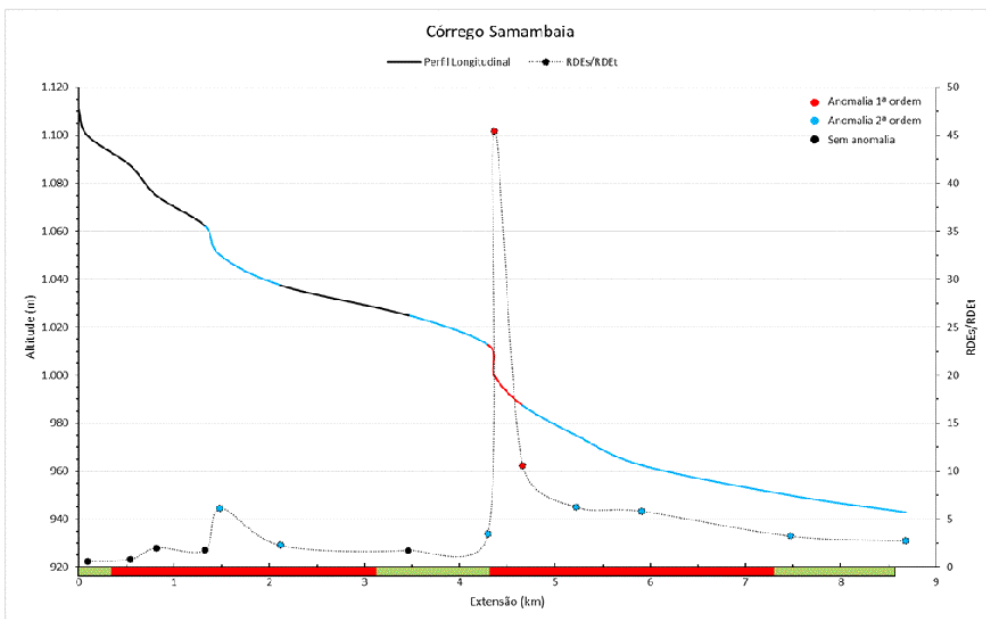
Figura 3



Litologia

- Cenozoico**
 Depósitos sedimentares fluviais
- Mesoproterozoico**
Supergrupo Espinhaço
 FM Sopa-Brumadinho
- Proterozoico**
 Suíte Pedro Lessa

Curso d'água	Dd
Samambaia	1,8
Lambari	1,8
Acaba Saco	1,8
das Lajes	1,7
São Bartolomeu	1,3
Pinheiro	1,2
dos Borbas	1,1
Santa Maria	1,3
Inferno	1,3
Jequitinhonha	1,6



Curso d'água	FABD
Samambaia	62,1
Lambari	35,9
Acaba Saco	72,6
das Lajes	43,4
São Bartolomeu	40,5
Pinheiro	59,0
dos Borbas	9,3
Santa Maria	50,4
Inferno	31,1
Jequitinhonha	40,4

Perfis longitudinais com anomalias possivelmente sem relação direta com a litologia e tabelas com valores de Dd e FABD.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As bacias hidrográficas e cursos d'água investigados apresentam indícios de controle litoestrutural e knickpoints que podem ser reflexos das respostas do nível de base regional à dinâmica neotectônica. Os parâmetros morfométricos são auxiliares nas investigações geomorfológicas e não podem, isoladamente, suscitar afirmações sobre a dinâmica da rede de drenagem e do relevo. O Is, a Dd e a Rr indicam que praticamente todas as bacias investigadas apresentam elevados potencial energético e que, atualmente, a incisão fluvial se destaca como um dos principais processos geomorfológicos regionais. Embora o quadro litológico regional não seja marcado, em sua maioria (quartzitos) por fragilidade mecânica à incisão fluvial, a dinâmica de encaixamento tem ocorrido de

forma importante. Por fim, o cálculo do FABD revela que não há deslocamentos significativos nos cursos d'água investigados. Os deslocamentos verificados devem ter maior relação com aspectos litoestruturais do que com a dinâmica neotectônica (basculamentos), haja vista a diversidade de sentido dos deslocamentos observados nas superfícies elevadas da Serra do Espinhaço Meridional. Este quadro difere do encontrado em vales da bacia do rio São Francisco na SdEM.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo apoio financeiro (Projeto APQ 00511-21); ao CNPq pela bolsa de produtividade; ao IFMG e CAPES pelas bolsas PIBIC e de mestrado; aos grupos de pesquisa RIVUS e Geoquímica e Paisagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ACKLAS JÚNIOR, R.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; CASADO, F. C. Análise de perfis longitudinais de drenagens do Município de Guarulhos para a detecção de deformações neotectônicas. *Revista UnG – Geociências*, v. 6, n. 8, p. 64-78, 2003.
- ALKMIN, F. F.; PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M., CRUZ, S. C. P. Sobre a evolução tectônica do orógeno Araçuai-Congo Ocidental. *Geonomos*, v. 15, n. 1, p. 25-43, 2007. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v15i1.105>
- ALMEIDA-ABREU, P. A.; RENGGER, F. E. Serra do Espinhaço Meridional: um orógeno de colisão do Mesoproterozóico. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 1-14, 2002. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.20023210114>
- AUGUSTIN, C. H. R. R. Aspectos geomorfológicos da região de Gouveia, Espinhaço Meridional, MG. In: VIII Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 7., 1995, Diamantina. Anais... Diamantina, Boletim 13, 1995, p. 3-4.
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; FONSECA, B. M.; ROCHA, L. C. Mapeamento geomorfológico da Serra do Espinhaço Meridional: primeira aproximação. *Geonomos*, v. 19, n. 2, p. 50-69, 2011. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v19i2.41>
- BUENO, G. T.; TRINDADE, E. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Paleociclos deposicionais e a moderna dinâmica fluvial do ribeirão do Chiqueiro - Depressão de Gouveia/Espinhaço Meridional - MG. *Geonomos*, v. 5, n. 2, p. 15-19, 1997. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v5i2.177>
- CAMOLEZI, B. A.; FORTES, E.; MANIERI, D. D. Controle estrutural da rede de drenagem com base na correlação de dados morfométricos e morfoestruturais: o caso da bacia do ribeirão São Pedro - Paraná. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2012. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i2.267>
- CARVALHO, A. O papel dos processos fluviais na evolução do modelado do relevo na bacia do Rio Paraúna, Serra do Espinhaço Meridional - MG. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais, 2019, 235p.
- CARVALHO, A., MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Fluvial archives as records of the late quaternary landscape evolution in the southeastern Brazilian highlands. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 116, n. 1:103829, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103829>
- CARVALHO, A., MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Sequências deposicionais fluviais e evolução geomorfológica da bacia do Rio Paraúna -Serra do Espinhaço Meridional, Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 22, n. 4, p. 669-792, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i4.1878>
- CARVALHO, A.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Asymmetric hydrographic basins in Southern Espinhaço Ridge - Minas Gerais State, Brazil: Litho-structural and - or tectonic control/bacias hidrográficas assimétricas na Serra do Espinhaço Meridional - MG: Controle Litoestrutural E/Ou Tectônico? William Morris Davis - *Revista de Geomorfologia*, v. 2, n. 2, 2021b.
- CARVALHO, A.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; FILIZZOLA, B. R.; MARQUES, C. P. M. O Papel dos Processos Fluviais na Configuração de Fundos de Vale na Bacia do Rio Paraúna. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 4, p. 691-708, 2018. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1354>
- CHAVES, A. O.; COELHO, R. M. Petrografia, geoquímica e geocronologia do leucogranito peraluminoso do Complexo de Gouveia-MG. *Geonomos*, v. 21, n. 2, p.1-12, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v21i2.267>
- CHEREM, L. F. S. Análise morfométrica da bacia do alto Rio das Velhas: comparação de metodologias

- e dados. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.
- CHEREM, L. F. S.; FARIA, S. D.; ZANCOPE, M. H. C.; SORDI, M. V.; NUNES, E. D.; ROSA, L. E. Análise morfométrica em bacias hidrográficas. In: MAGALHÃES JÚNIOR, A.P.; BARROS, L. F. P. (Org.). Hidrogeomorfologia – formas, processos e registros sedimentares fluviais. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020, p. 175-216.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 1980, 186p.
- CORDEIRO, J. S.; KNAUER, L. G.; COSTA, R. D.; PIUZANA, D.; MAGALHÃES, J. T. R. A análise da deformação finita em rochas metassedimentares da região da Serra da Matriculada, município de Datas (MG), Serra do Espinhaço Meridional. *Geonomos*, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2008. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v16i1.88>
- ETCHEBEHERE, M. L.; SAAD, A. R.; FULFARO V. J.; PERINOTTO, J. A. 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*, v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004. DOI: <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2004000200004>
- FELIPPE, M. F.; SILVA, C. A.; SOUZA, A. H.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Caracterização morfométrica dos compartimentos do relevo do Parque Nacional da Serra do Cipó, Serra do Espinhaço Meridional - Minas Gerais. *Revista Espinhaço*, v. 1, n. 1, p. 3-14, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3968852>
- FOGAÇA, A. C. C. Mapa geológico da folha Diamantina, Minas Gerais, Brasil. CODEMIG, 2012.
- FONSECA, B. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Análise morfométrica de bacias de drenagem e sua relação com a estrutura geológica, Serra do Espinhaço. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.15, n.2, p.153-172, 2014. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i2.296>
- FUJITA, R. H. O perfil longitudinal do rio Ivaí e sua relação com a dinâmica de fluxos. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009, 118p.
- FUJITA, R. H.; GON, P. P.; STEAVUX, J. C.; SANTOS, M. L.; ETCHEBEHERE, M. L. Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no Rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR. *Revista Brasileira de Geociências*, v.41, n.4, p. 610-616, 2011.
- GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C.; ALVES, F. M. SRTM based morphotectonic analysis of the Poços de Caldas, Alkaline Massif, southeastern Brazil. *Computers & Geosciences*, v.33, p.10-19, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2006.05.002>
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. Geomorfologia ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- HARTWIG, M. E.; RICCOMINI, C. Análise morfotectônica da região da Serra dos Órgãos, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.11, n.1, p.11-20, 2010. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v11i1.137>
- HOTT, M. C.; FURTADO, A. L. S. Metodologia para a determinação automática de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas. Campinas: EMBRAPA Monitoramento por satélite, 2004. 25 p.
- HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. *American Association of Petroleum Geologie Bulletin*. v. 51, n. 11, p. 2246-2259, 1967. DOI: <https://doi.org/10.1306/5D25C26D-16C1-11D7-8645000102C1865D>
- KNAUER, L. G. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. *Geonomos*, v. 15, n. 1, p. 81-90, 2007. DOI: [10.18285/geonomos.v15i1.109](https://doi.org/10.18285/geonomos.v15i1.109)
- KNAUER, L. G.; FOGAÇA, A. C. C. Mapa geológico da folha Juscelino Kubitschek, Minas Gerais, Brasil. CODEMIG, 2012.
- KNAUER, L. G.; GROSSI-SADI, J. H. Mapa geológico da folha Serro, Minas Gerais, Brasil. CODEMIG, 2012.
- LANA, C. E. Cartografia integrada de ecossistemas lóticos (fluviais) no alto curso do rio das Velhas – MG. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004, 175p.
- LOPES, F. A.; PIUZANA, D.; LEITE, V. A.; MILAGRES, A. R. Análise da influência litológica e estrutural a partir de métodos morfométricos em segmentos de drenagem na porção cimeira da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, MG. *Caminhos de Geografia, Uberlândia* v. 17, n. 58, p. 136-153, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG175810>
- MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; BARROS, L. F. P.; CARVALHO, A.; OLIVEIRA, L. A. F. Arquivos fluviais quaternários no interior continental: o contexto serrano de Minas Gerais, Brasil. In: CARVALHO

- JUNIOR, O. A.; GOMES, M. C. V.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R.A. T. (Org.) Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira. Brasília: Selo Caliandra, 2022, p. 39-75.
- MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; BARROS, L. F. P.; FELLIPE, M. F. Southern Serra do Espinhaço: The impressive plateau of quartzite ridges. In: VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A.R.; SANTOS, L. J. C. (eds) Landscapes and Landforms of Brazil. Springer, 2015, p. 359-370.
- MILAGRES, A. R.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; FONSECA, B. M. Parâmetros morfométricos como indicadores de evolução de bacias de drenagem. XI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 11., 2016, Maringá. Anais... Maringá - PR, 2016.
- MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A.; PARANHOS FILHO, A. C. Morfometria de Bacias Hidrográficas Através de SIGs Livres e Gratuitos. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 37, n. 2, p. 16-22, 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2014_2_16_22
- QUEIROZ, G. L.; SALAMUNI, E.; NASCIMENTO, E. R. Knickpoint finder: A software tool that improves neotectonic analysis. Computers & Geosciences, v. 76, p. 8-87, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.11.004>
- RUBIN, J. C. Sedimentação Quaternária, Contexto Paleoambiental e Interação Antrópica nos Depósitos Aluviais do Alto Rio Meia-Ponte – Goiás/GO. Tese (Doutorado em Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.
- SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. Geonomos, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v3i1.215>
- SAADI, A.; VALADÃO, R. C. O Cenozoico da porção mediana-central do Espinhaço Meridional – 1ª Síntese. In: I Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1., 1987, Porto Alegre/RS. Anais... Porto Alegre/RS: UFRGS/ABEQUA, 1987, p. 393-407.
- SALGADO, A. A. R.; VALADÃO, R. C. Contribuição da Desnudação Geoquímica na Evolução da Erosão Diferencial no Espinhaço Meridional – MG. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 4, n. 2, p. 31-40, 2003. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v4i2.22>
- SANTOS, A. M.; ALVES, C. F. C.; GAMA, R. G.; FERRACINI, M. M.; PERRELLA, M. C. V.; CARVALHO, N. O.; CELER, A. Densidade de drenagem da bacia incremental do reservatório de Porto Primavera, rio Paraná (SP/MS): perspectiva de sua adoção como indicador de produção de sedimentos das bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 6, n. 1, p. 33-44, 2005. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v6i1.37>
- SILVA, A. C. Solos. In: SILVA, A.C., PEDREIRA, L. C. V. S. F., ALMEIDA-ABREU, P. A. (Eds.). Serra Do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes. Belo Horizonte: O Lutador, 2005, p. 61-77.
- SILVA, I. C.; FURRIER, M. Análise Morfológica e Morfométrica das Sub-Bacias dos Rios Cascata e Tinto. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v. 20, n. 2, p.239-254, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i2.1505>
- SILVA, T. M.; MONTEIRO, H. S.; CRUZ, M. A.; MOURA, J. R. S. Anomalias de Drenagem e Evolução da Paisagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (RJ/SP). Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 29, n. 2, p. 210-224, 2006.
- TUPINAMBÁ, M.; BAARS, F. J.; UHLEIN, A.; GROSSI-SADI, J. H.; KNAUER, L. G. Mapa geológico da folha Rio Vermelho, Minas Gerais, Brasil. CODEMIG, 2012.