

A INFLUÊNCIA DOS REARRANJOS DE DRENAGEM PARA A EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA

The influence of drainage rearrangements on the geomorphological evolution of the Serra da Mantiqueira

Karolliny Tobias Oliveira

Licenciada em Geografia e Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Brasil
karollinyoliveira@discente.ufg.br

Lisbeth Del Carmen Segovia Materano

Geógrafa e Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, Brasil lisbeth.sagovia@ufg.br

Rodrigo Wagner Paixão

Doutor em Geografia e Professor do Departamento de Geografia Física da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
rodrigowpp1@gmail.com

André Augusto Rodrigues Salgado

Doutor em Geologia, Professor no Instituto de Estudos Socioambientais e Professor no Programa de Pós-Graduação em Geografia e no de Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, Brasil
salgado@ufg.br

Recebido: 09/05/2025

Aceito: 12/11/2025

Resumo

Rearranjos de drenagem desempenham um papel fundamental na evolução do relevo, mas sua relevância para a evolução geomorfológica de montanhas e serras em margens passivas permanece relativamente pouco explorada. A Serra da Mantiqueira oferece um excelente laboratório natural para tais investigações, pois é uma das ombreiras do Rift Continental do Sudeste do Brasil e seus limites de escarpa coincidem amplamente com o divisor hidrográfico entre duas grandes bacias do Brasil Oriental: os rios Paraíba do Sul e Grande (Paraná). Nesse contexto, a alta Bacia do Ribeirão Pacau constitui potencial caso representativo de rearranjo da drenagem que influencia a evolução do relevo da Serra da Mantiqueira, pois embora se situe topograficamente no nível de áreas que drenam para a Bacia do Rio Grande, atualmente flui em direção à Bacia do Paraíba do Sul. O estudo empregou mapeamento geomorfológico, geoprocessamento, sensoriamento remoto e levantamentos de campo para identificar formas de relevo indicativas de rearranjo da drenagem. Os resultados indicam que a Bacia do Rio Pacau drenava anteriormente em direção ao Rio Grande, mas, por meio de uma sequência de capturas fluviais, foi progressivamente integrada à Bacia do Paraíba do Sul. Esses achados reforçam que, na Serra da Mantiqueira, a Bacia do Paraíba do Sul está se expandindo às custas da Bacia do Rio Grande, e que esse processo é recorrente em toda a serra. Isso corrobora a conclusão de que os rearranjos de drenagem constituem um dos principais mecanismos que impulsionam a evolução geomorfológica da Serra da Mantiqueira.

Palavras-chave: Captura fluvial; Recuo de escarpa; Bacia do Rio Grande; Bacia do Rio Paraíba do Sul.

Abstract

Drainage rearrangement processes play a key role in landform evolution, yet their relevance to the geomorphological development of mountains and ranges on passive margins remains relatively underexplored. The Serra da Mantiqueira provides an excellent natural laboratory for such investigations, as it is one of the horsts of the Southeastern Brazilian Continental Rift and its escarpment boundaries largely coincide with the hydrographic divide between two major river basins in eastern Brazil: the Paraíba do Sul and the Grande (Paraná) rivers. Within this setting, the upper Pacau River Basin constitutes a potential representative case of drainage rearrangement influencing the evolution of the Mantiqueira Range's relief, as although it lies topographically at the level of areas draining into the Rio Grande Basin, it currently flows toward the Paraíba do Sul Basin. The study employed geomorphological mapping, geoprocessing, remote sensing, and field surveys to identify landforms indicative of drainage rearrangement. The results indicate that the Pacau River Basin formerly drained toward the Rio Grande but, through a sequence of stream captures, was progressively integrated into the Paraíba do Sul Basin. These findings reinforce that, in the Mantiqueira Range, the Paraíba do Sul Basin is actively expanding at the expense of the Rio Grande Basin, and that this process is recurrent throughout the entire range. This supports the conclusion that drainage rearrangement is one of the main mechanisms driving the geomorphological evolution of the Serra da Mantiqueira.

Keywords: River capture; Escarpment retreat; Grande River Basin; Paraíba do Sul River Basin.

1. INTRODUÇÃO

Rearranjos de drenagem se referem a reorganização na configuração da drenagem de determinado relevo, e se caracterizam pela transferência total ou parcial de fluxo d'água entre canais e/ou bacias (Bishop, 1995). Quando há a ocorrência deste processo, são impressas na paisagem geoformas típicas, como cotovelos de captura, baixos divisores, drenagens farpadas, knickpoints e paleovalves. Dois dos principais tipos de rearranjo, são as capturas fluviais e as decapitações, que evoluem por meio de erosão remontante, e são impulsionados principalmente pela diferença de energia entre bacias hidrográficas vizinhas. Neste contexto, as drenagens com maior energia tendem a avançar sobre drenagens menos enérgicas (Marent *et al.*, 2023).

Apesar de sua extensão continental e de sua alta densidade hidrográfica, no Brasil, salvo o estudo isolado sobre a captura do Guararema (Ab'Saber, 1957), investigações sobre os rearranjos de drenagem só ganharam força a partir do início deste século (Salgado *et al.*, 2019; Marent *et al.*, 2023). Inicialmente, os estudos sobre rearranjo de drenagem se concentraram em pesquisas acerca de decapitações na Serra do Mar (Oliveira e Queiroz Neto, 2007). Porém, com o passar do tempo, os trabalhos foram sendo diversificados e começam a surgir investigações em várias regiões do país, como no norte amazônico (Nascimento *et al.*, 2019; Salgado *et al.*, 2021a; 2021b), no planalto central (Cherem *et al.*, 2014) e na região semiárida (Rodrigues *et al.* 2022; 2023; 2024). Atualmente onde há maior ocorrência de investigações é na região da Serra da Mantiqueira, variando de estudos de

caso até sistematizações de grandes dinâmicas envolvidas nos processos de rearranjo (Cherem *et al.*, 2012; 2013; Paixão *et al.*, 2019; 2020; Rezende; Salgado, 2020).

Dado o contexto morfotectônico do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) (Riccomini, *et al.*, 2004), composto por degraus morfológicos (escarpas) de diferentes cotas altimétricas, há significativas diferenças de energia entre as drenagens da região da Serra da Mantiqueira. Os rios que drenam a Serra da Mantiqueira e que estão voltados para o Rio Grande (Rio Paraná) tendem a ter menos energia que os rios que drenam para o degrau inferior do RCSB, sentido Rio Paraíba do Sul. Isto ocorre, pois a declividade e a amplitude do relevo é muito maior na vertente voltada para o interior do RCSB.

De fato, os fronts dos escarpamentos de margem passiva tendem a evoluir pelo recuo da escarpa em direção ao interior continental (Summerfield, 1991). No entanto, o recuo da escarpa pode ocorrer tanto por retração lateral — sobretudo por movimentos de massa (Gomes *et al.*, 2022) — quanto por capturas fluviais e decapitação de cabeceiras (Marent *et al.*, 2023). O processo predominante depende, entre outros fatores, da resistência litológica do substrato da escarpa (Haag *et al.*, 2025)

Na Serra da Mantiqueira, o recuo da escarpa em direção ao interior continental é significativo, pois as vertentes voltadas para o RCSB e que drenam para a Bacia do Rio Paraíba do Sul, apresentam taxas de denudação/erosão aproximadamente 1,5 vezes superiores do que as voltadas para o interior continental, drenadas para a Bacia do Rio Grande (Rezende *et al.*, 2013; Salgado *et al.*, 2016). Entretanto, ainda não está clara a importância dos processos de rearranjo de drenagem neste recuo, visto que movimentos de massa também são recorrentes na Serra da Mantiqueira (Mendes; Filho, 2015).

Apesar disso, há evidências sólidas de que os rearranjos de drenagem são centrais no recuo da escarpa e na evolução do relevo da Serra da Mantiqueira. Isso se apoia (1) em estudos que documentam o processo em bacias de cabeceira (Cherem *et al.*, 2012; 2013; Salgado *et al.*, 2012; Paixão *et al.*, 2019) e (2) na identificação de mudanças de bacia em setores elevados da serra, que é o caso do Vale Suspenso do Rio Preto, no Parque Nacional do Itatiaia, que antes drenava para o Rio Grande e hoje verte para o Rio Paraíba do Sul (Rezende; Salgado, 2020).

Este trabalho investiga se a alta bacia do Ribeirão Pacau, afluente do Rio Preto a jusante de seu vale suspenso, também sofreu processos de rearranjo de drenagem e antes fluía em direção ao Rio Grande, confirmado assim a importância dos rearranjos na evolução do relevo da Serra da Mantiqueira. Para cumprir tal objetivo, este trabalho foi organizado em três etapas: a) geoprocessamento, sensoriamento remoto e cartografia

temática como ferramentas para a identificação e seleção de geoformas típicas de captura fluvial; b) trabalho de campo para reconhecimento e validação dos dados e; c) análise dos dados aferidos nas etapas posteriores.

2. ÁREA DE TRABALHO

O Ribeirão Pacau e suas drenagens tributárias localizam-se na Serra da Mantiqueira, no sudeste do Brasil, no estado de Minas Gerais, próximo à divisa com o estado do Rio de Janeiro. A bacia do Ribeirão Pacau pertence a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, de forma mais precisa, a sub-bacia do Rio Preto, convergindo para ela à jusante do seu trecho suspenso. A bacia de drenagem em questão se encontra em áreas elevadas, no divisor hidrográfico com a bacia do Rio Grande (Figura 1).

A Serra da Mantiqueira é o mais alto sistema orogênico brasileiro (Marques Neto, 2021) e está inserida no contexto morfotectônico do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB). O RCSB é uma estrutura de idade Paleogenica, e se caracteriza pela forma de depressão alongada flanqueada por horsts. Se estende por cerca de 900 km margeando a costa brasileira, do estado do Paraná ao do Rio de Janeiro (Riccomini, 1989).

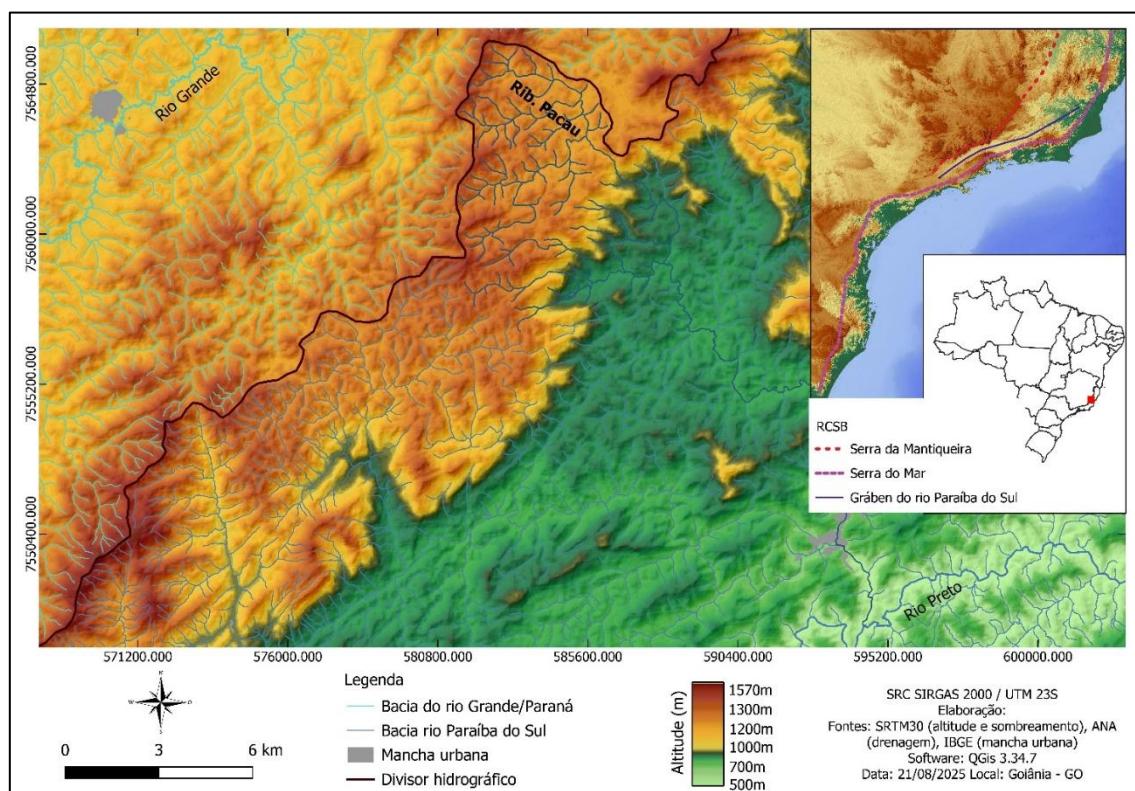


Figura 1: mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O rift recebe esta denominação por amalgamar vários grabens com a mesma genética na região (Riccomini *et al.*, 2004), relacionadas mais recentemente ao evento sul-atlântico, e aproveitando-se, em partes, de estruturas mais antigas (Hasui, 2010). É parcialmente preenchido por bacias sedimentares, o que contribuiu para o afundamento dos grabens, resultando em uma dinâmica de compensação com os sistemas orogênicos soerguidos antes mesmo da instalação do atual rift, constituintes de suas ombreiras (Riccomini *et al.*, 2004). Na área em questão, a Província Serra da Mantiqueira constitui a ombreira noroeste do rift, e a Serra do Mar a sudeste (Heilbron *et al.*, 2004). O recuo erosivo das escarpas segue paralelamente a estruturas geológicas. No entanto, não segue mais exatamente sobre a linha de falha, pois encontra-se recuado sob controle erosivo (Cherem *et al.*, 2013).

A litologia da área de estudo é constituída, essencialmente, de rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino, como granitos e gnaisses da Faixa Móvel Ribeira. Também são identificadas faixas quartzíticas e xistosas associadas a rochas metasiliciclásticas, bem como, coberturas sedimentares neogênicas. Em termos estruturais, a área de estudo possui falhas, zonas de cisalhamento e fraturas organizadas, preferencialmente, no eixo NE-SW (Figura 2) (Heilbron *et al.*, 2004; Paixão *et al.*, 2020).

Esta região encontra-se sob o domínio de Mata Atlântica, sendo marcada por um clima Subtropical Úmido (Cwa) na escala Koppen (Brasil, 2010). O efeito orográfico do relevo contribui diretamente para a configuração climática úmida e potencializa a alta pluviosidade em boa parte do ano. Há indícios de um paleoclima mais seco e frio entre o Mioceno e o Plioceno. Seco o suficiente para que boa parte dos sistemas de drenagem do interior do rift fossem endorreicos (Paixão *et al.*, 2020; Freitas *et al.*, 2022).

É importante ressaltar que devido a geomorfologia movimentada e as Unidades de Conservação da região, mantém considerável grau de conservação, tornando a Serra da Mantiqueira uma das principais áreas de remanescente de Mata Atlântica, sendo uma região de altíssimo valor ecológico. A vegetação se organiza em fitofisionomias variadas, desde florestas ombrófilas e semideciduais até campos de altitude nas porções mais elevadas do relevo, relevo este que determina algumas formações endêmicas (Marques Neto, 2021; Brasil, 2010).

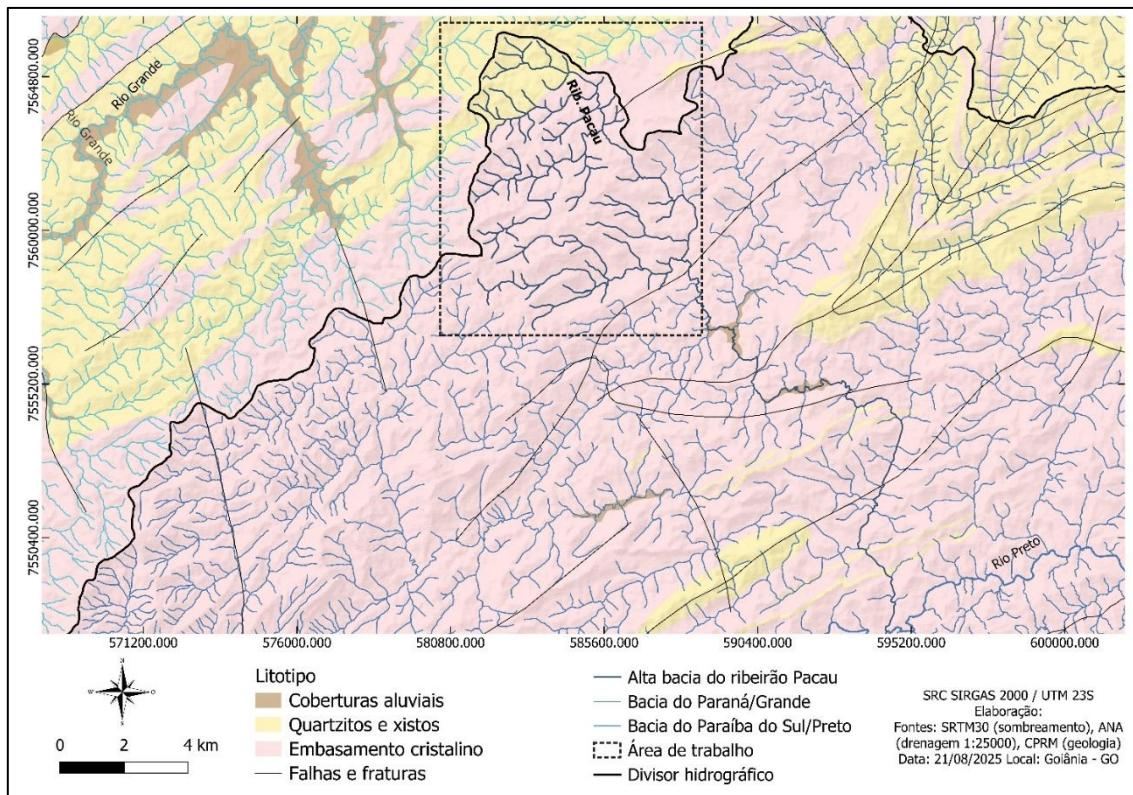


Figura 2: mapa geológico simplificado da área de estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As nascentes que alimentam a alta Bacia do Ribeirão Pacau, partem de altitudes médias de 1.400 metros. Os cursos fluviais correm por terrenos elevados, em média de 1.200 metros, até um declive abrupto de cerca de 100 metros. Este declive marca a Cachoeira do Pacau, ponto turístico da região, no limite entre os municípios de Bom Jardim de Minas e Santa Rita do Jacutinga, coincidindo com a escarpa da serra. A partir deste ponto, o curso recebe o nome de Ribeirão da Jacutinga, correndo em cotas altimétricas predominantemente situadas nas faixas dos 800 aos 600 metros. Após passar pelo perímetro urbano de Santa Rita do Jacutinga, o curso é denominado Rio Bananal, e deságua no Rio Preto a cerca de 500 metros de altitude (Figura 1). No entanto, o curso principal do Ribeirão Pacau não é o único a descer a escarpa. Alguns de seus afluentes possuem nascentes acima dos 1.200 metros, atravessam knickpoints destacados e desaguam no Ribeirão Pacau abaixo de sua principal cachoeira (figuras 1 e 2).

O relevo regional reflete as características da rede de drenagem. Na porção a montante da Cachoeira do Pacau prevalece um planalto dissecado entrecortado por alguns pontões graníticos. A cachoeira marca uma extensa e íngreme escarpa onde os afloramentos rochosos são comuns. A parte inferior da bacia encontra-se em terreno

fortemente ondulado, que decresce em altitude até as proximidades do Rio Preto, que em suas margens construiu uma pequena várzea. Em mapeamentos de menor detalhe, os solos observados na região são predominantemente cambissolos, com associações de latossolos em manchas menores, menos recorrentes e com menor declive. A predominância de cambissolos reflete a alta declividade que impede o desenvolvimento mais profundo dos solos (Rezende, 2013).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A análise dos processos de rearranjo de drenagem na alta Bacia do Ribeirão Pacau teve início com sensoriamento remoto (imagens SRTM 30) para o reconhecimento de geoformas anômalas, potencialmente indicativas de rearranjos de drenagem, à exemplo de cotovelos de drenagem, baixos divisores, e paleovalves (Bishop, 1995; Marent *et al.*, 2023). As geoformas foram mapeadas em ambiente SIG, utilizando o software QGis versão 3.34.7. O mapa do relevo foi elaborado utilizando o modelo digital gerado pela SRTM com precisão de 30 metros. A elaboração sobreposta à camada de sombreamento em configuração padrão, com a camada de altitude em opacidade 80%. As classes altimétricas foram classificadas e divididas em 100 classes, com a interpolação em método discreto, e em modo de intervalo igual.

Após a elaboração da base de relevo, foi inserido o shapefile da rede de drenagem. Os arquivos utilizados foram extraídos da base de dados da Agência Nacional das Águas (ANA), referente a drenagem da Bacia do Rio Grande, e do Rio Paraíba do Sul. Ambos os arquivos estão disponíveis em escala de semidetalhe (1:25.000). Esta sobreposição da rede de drenagem com o relevo permitiu identificar as geoformas anômalas, possivelmente relacionadas aos processos de rearranjo. Também foram inseridas estruturas geológicas em escala de reconhecimento a fim de identificar influências estruturais na gênese destas geoformas, bem como sua influência nos processos de rearranjo.

O trabalho de campo foi orientado no sentido de visitar as geoformas selecionadas como anômalas e típicas de rearranjo de drenagem. Com os dados coletados em campo, foi confirmada a presença das geoformas, além da descoberta de outras, identificadas na leitura da paisagem. O banco de dados foi construído com o auxílio do aplicativo Avenza, que permitiu navegação por GPS no campo sobre o mapa de análise em tempo real, e documentar as fotografias e outras anotações com coordenadas, altitude, orientação e outras informações geográficas.

Posterior ao trabalho de campo, os dados foram tratados. Perfis topográficos e a metrificação de algumas geoformas, como os vales superdimensionados e os baixos divisores, por exemplo, foram tratados utilizando o complemento Profile Tool para Qgis, para comparação e análise de parâmetros morfométricos. Para constatação morfométrica dos vales superdimensionados por exemplo, foram medidos outros canais de mesmas dimensões, ordem e perfil altimétrico a título de comparação.

Por fim, optou-se por não empregar nesta pesquisa nem modelagem numérica, nem proxies (indicadores indiretos). Embora eles estejam em voga, as feições morfológicas diagnósticas observadas por sensoriamento remoto e confirmadas em campo, em conjunto com registros sedimentares, constituem as evidências mais confiáveis para inferir a ocorrência de rearranjos de drenagem. Além disso, tais modelos só são adequados para explorar tendências presentes e futuras de migração de divisores, não devendo ser usados para reconstituir eventos pretéritos (Forte e Whipple, 2018; Pai *et al.*, 2023). O uso acrítico de modelagem e de esquemas teóricos pode afastar a análise da realidade observada e, mesmo quando bem empregados, não substituem a evidência empírica — apenas a complementam (Popper, 1983; Salgado e Salgado, 2020). Quanto aos registros sedimentares, não foi possível investigá-los porque os baixos divisores da área foram cortados e aterrados para a implantação da rodovia, comprometendo sua leitura estratigráfica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para além da topografia, a primeira evidência da existência de sensível diferença de energia entre a Bacia do Ribeirão Pacau e a do Rio Grande, está no fato da preservação das coberturas aluvionares ser muito maior na bacia que drena em direção ao interior continental (Figura 2). Isto indica que provavelmente há mais energia nos canais fluviais que drenam em direção ao Rio Paraíba do Sul, interpretação que é reforçada pelos trabalhos que já mensuraram as taxas erosivas e denudacionais em outras porções deste divisor (Cherem *et al.*, 2012, 2013; Rezende *et al.*, 2013; Salgado *et al.*, 2016).

Em paralelo, foram encontradas na área de trabalho diversas geoformas típicas de processo de rearranjo de drenagem, estando todas elas associadas entre si. Na face da Serra da Mantiqueira drenada pela Bacia do Rio Grande, foram encontrados principalmente alguns vales secos e um vale superdimensionado (Figura 3A). Já ao longo do divisor hidrográfico foram identificados extensos e numerosos trechos de baixo divisor, geralmente

localizados nas cabeceiras dos vales secos e do superdimensionado (figuras 3B, 4A e 5). Estes baixos divisores possuem altitude em torno dos 1.250 metros, enquanto o restante do divisor hidrográfico na região está em uma altitude que circula entre os 1.350 e os 1.600 metros. Em alguns casos o divisor hidrográfico é tão suave na paisagem que se assemelha muito mais a um vale que a um divisor (Figura 5). Isto tanto é verdade que, parcialmente, esses divisores/vales secos foram utilizados para a passagem da estrada rodoviária que conecta as duas faces da Serra da Mantiqueira. Como dito anteriormente, a construção da estrada ao longo do baixo divisor e aproveitando os vales secos, não permitiu a pesquisa de sedimentos fluviais nos trechos mais interessantes para procura deste tipo de registro.



Figura 3: A: Vale superdimensionado muito próximo a sua nascente (Ponto de interesse 6 na Figura 4A). B: Baixo divisor nas cabeceiras do vale superdimensionado (Ponto de interesse 5 na Figura 4A)

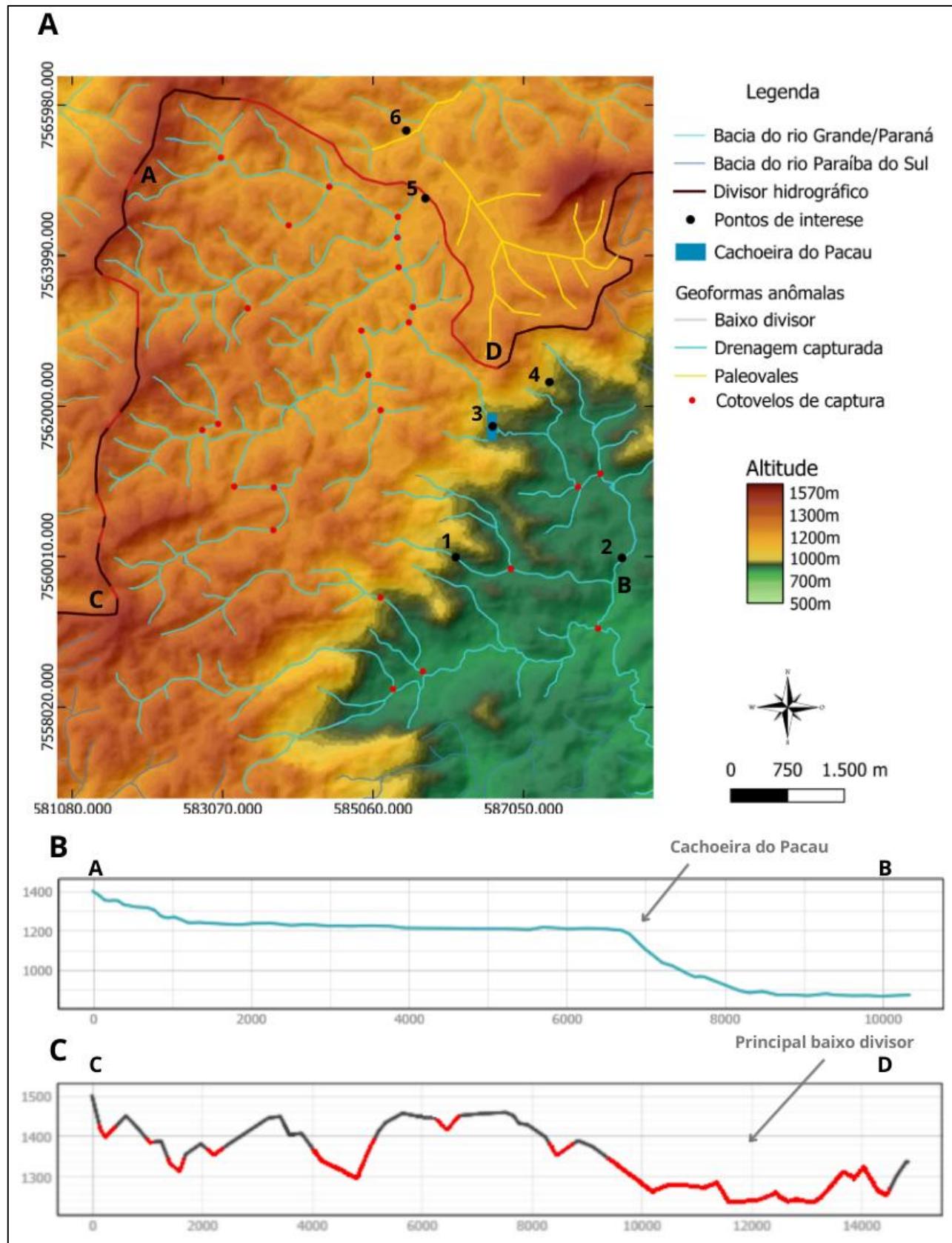


Figura 4: Área com geoformas típicas de captura fluviais e perfis topográficos do Ribeirão Pacau e do divisor hidrográfico. A: mapa topográfico com as geoformas e pontos de interesse plotados; B: perfil longitudinal do Ribeirão Pacau, desde sua nascente até alguns metros após a cachoeira; C: perfil altimétrico do divisor hidrográfico das bacias do Paraíba do Sul e do Grande na área de trabalho, com os trechos de baixo divisor destacados. **Fonte:** Elaborado pelos autores.



Figura 5: Foto tirada exatamente sobre o anômalo baixo divisor entre as bacias hidrográficas dos Rios Grande e Paraíba do Sul no alto da Serra da Mantiqueira (ponto 5 da Figura 3). Nota-se que o divisor se assemelha a um paleovale e graças a essa característica é aproveitado como percurso para a rodovia.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No que concerne às geoformas existentes na face voltada para a Bacia do Rio Paraíba do Sul (Figura 6C), a presença de cachoeiras e corredeiras (Figura 6B) denota uma área de knickzone. Estas zonas indicam um processo relativamente recente de ajuste de nível de base, principalmente quando ocorrem associadas a outras geoformas anômalas como os baixos divisores e paleovalves (Bishop, 1995; Marent et.al, 2023). Neste contexto, ressalta-se a cachoeira do Pacau (Figura 6A), a cerca de 6 quilômetros de distância de sua nascente, coincidindo com a escarpa da serra, que marca uma ruptura no perfil longitudinal do ribeirão (figuras 4A (Ponto de interesse 3) e 4B). Após este ponto, o Ribeirão Pacau continua a correr sobre leito rochoso (Figura 6D), com corredeiras e quedas d'água de menor dimensão ao longo de todo o seu curso, mesmo em altitudes menos elevadas, comportamento replicado também por alguns afluentes. Isto confirma uma drenagem energética e a existência da knickzone (figuras 4A e 6B).

Entretanto, a geoforma anômala mais recorrente na alta Bacia do Ribeirão Pacau são os cotovelos de captura. Todos com aproximadamente 90° e localizados nas confluências entre os tributários e o Ribeirão Pacau que, ele mesmo, também possui um pronunciado cotovelo em seu alto curso (Figura 4A). Chama atenção ainda na Figura 4A o fato de que, na ausência destes cotovelos, parte destes cursos fluviais se direcionariam rumo aos baixos divisores e aos vales secos ou superdimensionado localizados já na Bacia do Rio Grande (figuras 3 e 4).



Figura 6: A: Cachoeira do Pacau (ponto 3 da Figura 4); B: Cachoeira pronunciada de afluente do Ribeirão Pacau que deságua nele à jusante da Cachoeira do Pacau, (ponto 1 da Figura 4); C: Foto tirada na parte superior da escarpa no ponto 4 da Figura 4, visando o sentido sudeste, mirando o gráben do Paraíba do Sul e destacando o vale do Ribeirão Pacau à jusante de sua principal cachoeira; D: corredeira localizada a jusante da Cachoeira do Pacau, ilustrando a alta energia de toda a rede de drenagem (ponto 2 da Figura 4).

Fonte: Elaborado pelos autores.

A presença destas geoformas associadas entre si: (a) knickzone; (b) cotovelos de drenagem; (c) baixos divisores e vales secos ou superdimensionado (figuras 3, 4, 5 e 6), principalmente pensadas no contexto geomorfológico da região, reforça a hipótese de toda a alta Bacia do Ribeirão Pacau ter sua gênese associada a um processo de sucessivas capturas fluviais. Logo, a explicação mais provável para a atual configuração geomorfológica é a de várias capturas fluviais provocadas pelo Ribeirão Pacau sobre suas drenagens tributárias em um processo de “baixo para cima” (Bishop, 1995). Neste processo o recuo erosivo de uma paleocabeceira do antigo Ribeirão Pacau interceptou em sequência, um a um, cursos fluviais que seguiam em direção a bacia do Rio Grande, e atravessavam os atuais baixos divisores para fluir pelos atuais vales secos ou superdimensionados (Figura 7).

Este processo de sucessivas e progressivas capturas fluviais é o que melhor, senão o único, que pode explicar a associação entre os cotovelos, os baixos divisores e os

paleovales (figuras 3, 4 e 5) existentes em um divisor hidrográfico que em uma face pode ser considerado uma knickzone (figuras 4 e 6) e em outra uma área de relativa baixa energia, capaz de acumular extensas coberturas aluvionares (Figura 2).

Deste modo, a hipótese mais provável é a de que um antigo ribeirão afluente do Rio Preto com sua nascente encaixada na escarpa e, consequentemente com maior energia e taxa erosiva (Paixão *et al.*, 2019), foi recuando sua cabeceira até interceptar os outros cursos localizados no reverso e que drenavam em direção ao Rio Grande (Figura 7). Desse modo, as drenagens interceptadas ganharam mais energia, e passaram a replicar o processo de captura, e provavelmente, também de decapitação. Sendo assim, a Bacia do Rio Paraíba do Sul, através de pequenos canais de sua bacia afluente, a do Rio Preto, captura áreas da Bacia do Rio Grande, recuando pouco a pouco a escarpa da Serra da Mantiqueira para o interior continental.

Ressalta-se que Marques Neto (2017) observa que o poder erosivo das drenagens da Bacia do Rio Preto é grande, devido ao rebaixamento do relevo em pleno horst, de forma que um rebordo erosivo distinto do restante da Serra da Mantiqueira é formado em sua porção nordeste. De fato, mesmo sob as mesmas influências litológicas, esta porção da escarpa encontra-se mais desgastada e rebaixada. Observando as figuras 1, 2 e 4, é possível notar que a área de trabalho é como uma reentrância, que destoa do posicionamento do restante do divisor hidrográfico, projetando-se em maior área rumo a Bacia do Rio Grande. Esta reentrância do divisor hidrográfico não pode ser explicada pela litoestrutura, mesmo porque atinge áreas quartzíticas e quartzo-xistosas de maior resistência (Figura 2). Logo, estes fatos reforçam que processos de rearranjo estão ocorrendo na área, como uma resposta do relevo à diferença de nível de base e energia entre as bacias dos rios Grande e Paraíba do Sul.

Estes resultados corroboram com a hipótese de Paixão *et al.* (2020), que considera que a atual configuração da calha do Rio Paraíba do Sul é resultando de consecutivos processos de captura fluvial. Isso devido a um pulso erosivo que atingiu o planalto da Serra da Mantiqueira a partir de sua porção norte, inicialmente, e foi se replicando ao sul. Isto também explicaria o motivo pelo qual o vale suspenso do Rio Preto (Rezende e Salgado, 2020) ainda é uma feição tão nítida e de tamanha dimensão, enquanto as geoformas e outros indicativos localizados mais a jusante são mais sutis (apesar de numerosos).

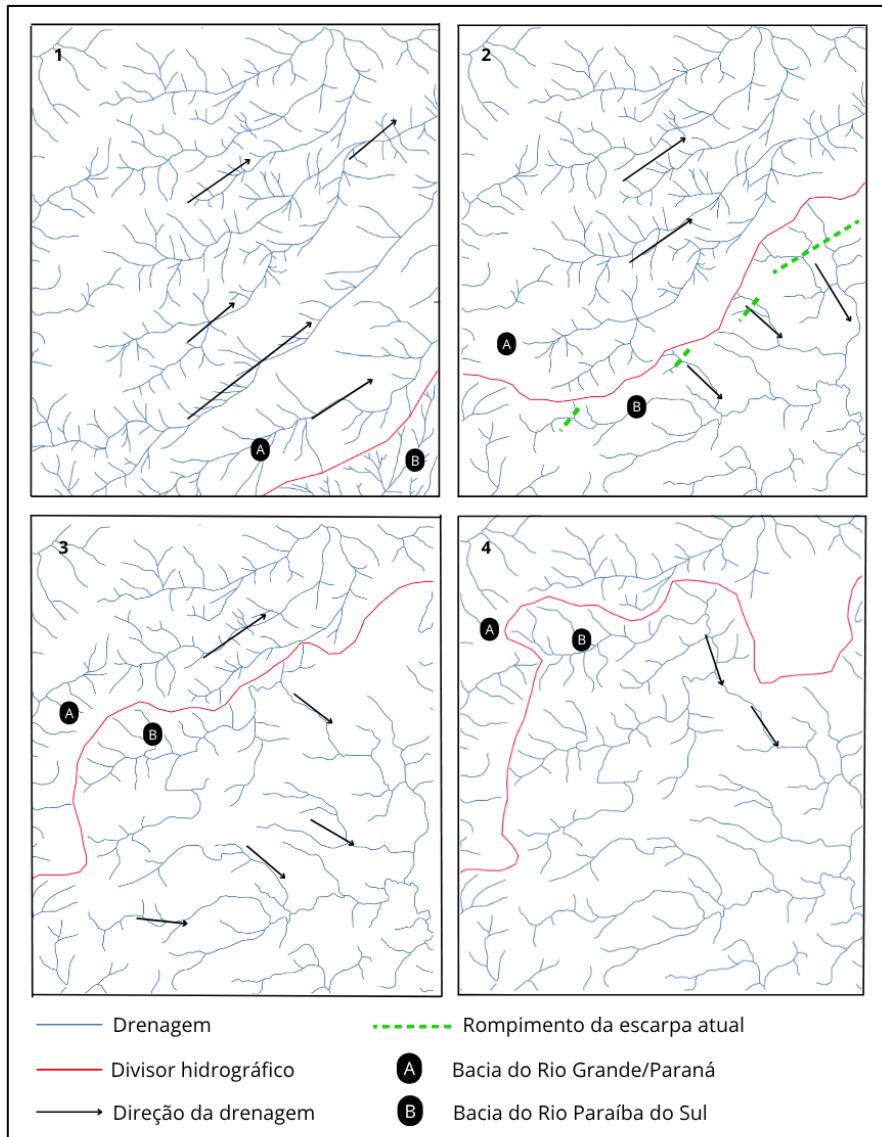


Figura 7: Modelo evolutivo simplificado para a alta Bacia do Ribeirão Pacau. A configuração mais antiga é representada pelo mapa 1 e a configuração atual pelo mapa 4. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Sendo assim, a bacia do Paraíba do Sul ganha maior extensão e volume de água com esse processo, enquanto a bacia vizinha perde. Dessa forma, as drenagens que antes corriam para a bacia do Rio Grande, deixam na paisagem os baixos divisores, os paleovalves e os cotovelos, geoformas que indicam que ocorreram rearranjos de drenagem. Enquanto isso, na bacia do Rio Paraíba do Sul, em um primeiro momento, as cachoeiras, corredeiras e os cursos estreitos e rochosos caracterizam a tentativa de equilíbrio da drenagem a uma maior quantidade de água e a um novo nível de base. Porém, ao longo do tempo, a alta energia do sistema fluvial capturado desgasta o relevo, rebaixando-o até o nível da bacia captora. Como consequência, as geoformas que evidenciavam as capturas são progressivamente obliteradas e a escarpa recua para o interior (Cherem *et al.*, 2012, 2013).

Deste modo, e considerando trabalhos anteriores (Rezende; Salgado, 2020), é possível imaginar que, em tempos passados, toda a bacia hidrográfica do Rio Preto escoava em direção à do Rio Grande e que o escarpamento da Serra da Mantiqueira localizava-se em posição bem menos recuada que a atual. Isto significa que os rearranjos de drenagem devem ser considerados como sendo um dos elementos essenciais para a compreensão da evolução geomorfológica e ambiental de toda a Serra da Mantiqueira.

Por fim, em margens passivas, o recuo de escarpas é preferencialmente por retração lateral quando o arcabouço é frágil e por capturas fluviais quando o substrato é resistente (Haag *et al.*, 2025). Considerando: (1) a dominância de granitos e gnaisses na Mantiqueira; (2) a ocorrência documentada de capturas em outros trechos (Cherem *et al.*, 2012, 2013; Salgado *et al.*, 2012; Paixão *et al.*, 2019; Rezende & Salgado, 2020); e (3) os achados desta pesquisa; infere-se que rearranjos de drenagem são mecanismo-chave na evolução do relevo da Serra da Mantiqueira.

5. CONCLUSÕES

Devido à grande movimentação e energia do relevo regional, associado ao clima com alta umidade e pluviosidade, evidências morfológicas de rearranjo com boa conservação tendem a ser escassas. No entanto, na alta Bacia do Ribeirão Pacau elas estão presentes em profusão e logicamente associadas entre si, o que indica que esta área foi recentemente capturada. A variedade de cotovelos de drenagem associados a baixos divisores e a paleovalves, bem como os knickpoints e os leitos rochosos, constituem um conjunto de fortes indícios de que toda a alta Bacia do Ribeirão Pacau drenava em direção ao Rio Grande e que, em passado recente, provavelmente no Quaternário, foi capturada pela Bacia do Rio Preto, drenando atualmente para a Bacia do Rio Paraíba do Sul. Sendo assim, este estudo de caso, analisado em conjunto com investigações já realizadas ao longo da Serra da Mantiqueira e à luz do estado da arte sobre o recuo de escarpas em margens passivas, indica que os rearranjos de drenagem não são um processo geomorfológico acessório na Serra da Mantiqueira, mas um mecanismo-chave da sua evolução.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro do CNPq através dos projetos 303047/2021-6 e 303388/2024-2.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. O problema das conexões antigas e da separação da drenagem do Paraíba e do Tietê. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 26, p. 38–49, 1957.
- BISHOP, P. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. **Progress in Physical Geography**, v. 19, n. 4, p. 449-473, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1177/030913339501900402>.
- BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. **Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira**. Brasília: ICMBio, 2010. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/apaserradamantiqueira/>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- CHEREM, L.F.S CARNEIRO, C.D; SOARES, P.S; GUEDES, E.; PAULA, F.S. Long-term evolution of denudational escarpments in southeastern Brazil. **Geomorphology**, v. 173-174, p. 118-127, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.06.002>.
- CHEREM, L.F.S; PAULA, F.S.; CARNEIRO, C.D.; GUEDES, E. O papel das capturas fluviais na morfodinâmica das bordas interplanálticas do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, p. 299-308, 2013. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i4.325>.
- CHEREM, L.F.S; ZANCOPE, M.H.C; BAYER, M. Macro captura fluvial no nordeste do Planalto Central: resultados preliminares. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 86-91, 2014.
- CRUZ, B. L.; NASCIMENTO, F. A.; MARENT, B. R.; SALGADO, A. A. R. Reorganization of the drainage network based on morphostructural controls in passive margin. **Geomorphology**, v. 478, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2025.109693>.
- FORTE, A.M.; WHIPPLE, K.X. Criteria and tools for determining drainage divide stability. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 493, p. 102–117, 2018.
- FREITAS, M.M.; SALGADO, A.A.R.; RANGEL, R.C.; CARVALHO, O.A.J. The endorheic – exorheic transition and later stage of fluvial incision in a wet tropical margin setting: the Atlantic draining Paraíba do Sul River basin (Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103742>.
- GOMES, M. C. V.; VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A. R.; BRAUCHER, R.; ASTER TEAM. Debris flow and long-term denudation rates in a tropical passive margin escarpment in South America. **Geomorphology**, v.413, 108333, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108333>.
- HAAG, M. M.; SCHÖENBOHM, L. M.; JESS, S.; BIERMAN, P.; WOLPERT, J.; CORBETT, L.; SOMMER, C. A. Erosional dynamics and escarpment retreat at the southern end of the South American passive margin escarpment. **Geomorphology**, v.486, 109885, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2025.109885>.
- HASUI, Y. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. **Geociências** (UNESP), v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.
- HEILBRON, M.; SANT'ANNA, L. G.; SCHOBENHAUS, C.; HASUI, Y. Província Mantiqueira. In: ALMEIDA, F. F. M. (org.). **Geologia do continente sul-americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004.

MARENT, B. R.; PAIXÃO, R. W.; SALGADO, A. A. R.; NASCIMENTO, F. A. Processos de reorganização da rede de drenagem no Brasil. In: CARVALHO JÚNIOR, O. A. de et al. (orgs.). **Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2023. Cap. 3. DOI: <https://doi.org/10.26512/9786586503852.c3>.

MARQUES NETO, R. O. O horst da Mantiqueira meridional: proposta de compartimentação morfoestrutural para sua porção mineira. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 3, p. 567-577, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i3.1118>.

MENDES, R.; FILHO, M. V. Real-Time Monitoring of Climactic and Geotechnical Variables during Landslides on the Slopes of Serra do Mar and Serra da Mantiqueira (São Paulo State, Brazil). **Engineering**, 07, 140-159. 2015. DOI: <https://doi.org/10.4236/eng.2015.73012>.

NASCIMENTO, F. A.; SALGADO, A. A. R.; GOMES, A. A. T. Evidências de rearranjos fluviais no interflúvio Amazonas-Essequibo - Amazônia Setentrional. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, p. 663-671, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i3.1520>.

OLIVEIRA, D.; QUEIROZ NETO, J. P. Evolução do relevo na Serra do Mar no estado de São Paulo a partir de uma captura fluvial. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, p. 73-88, 2007. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.200774067>.

PAI, M. O. D.; SALGADO, A. A. R.; SORDI, M. V.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; PAULA, E. V. Comparing morphological investigation with χ index and gilbert metrics for analysis of drainage rearrangement and divide migration in inland plateaus. **Geomorphology**, v. 423, 108554, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108554>

PAIXÃO, R. W.; SALGADO, A. A. R.; FREITAS, M. M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Possibilidade de endorreísmo de capturas fluviais na morfogênese da bacia do Rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, p. 821-834, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1779>.

PAIXÃO, R. W.; SALGADO, A. R. R.; FREITAS, M. M. Morfogênese do divisor hidrográfico Paraná/Paraíba do Sul: o caso da sub-bacia do Paraíbuna. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, p. 119-136, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1498>.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1983.

REZENDE, E. A. **Evolução do relevo no divisor hidrográfico entre as bacias dos Rios Grande e Paraíba do Sul**: um estudo na Serra da Mantiqueira (MG/RJ). 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R.; SILVA, J. R. DA; BOURLÈS, D.; BRAUCHER, R.; LÉANNI, L. Fatores controladores da evolução do relevo no flanco NNW do Rift Continental do Sudeste do Brasil: uma análise baseada na mensuração dos processos denudacionais de longo-termo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 14 (2), p. 221-234. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i2.416>

REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R. Considerações sobre a gênese do vale suspenso do alto Rio Preto na borda da Bacia de Resende. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 40, p. 49–60, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v40i0.165775>.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução geológica do rift continental do sudeste do Brasil. In: ALMEIDA, F. F. M. (org.). **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004.

RODRIGUES, W. F.; SALGADO, A. A. R.; MAIA, R. P. Drainage rearrangement in semi-arid intermountain depressions: a case study in South America. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, p. 2-22, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v24i4.2418>.

RODRIGUES, W. F.; SALGADO, A. A. R.; MAIA, R. P. Evidências de captura fluvial no semiárido setentrional brasileiro: o caso do divisor entre os Rios Acaraú e Aracatiaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, p. 1334-1356, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbq.v23i2.2047>.

RODRIGUES, W. F.; SALGADO, A. A. R.; MAIA, R. P.; OLIVEIRA, A. F.; REZENDE, E. A. Subterranean river captures in siliciclastic rocks in a semiarid climate: the case of the Poti River Canyon, Brazilian Northeast. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 25, p. 1-23, 2024. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i2.2446>.

SALGADO, A. A. R.; SOBRINHO, L. C. G.; CHEREM, L. F. S.; VARAJÃO, C. A. C.; BOURLÈS, D.; BRAUCHER, R.; MARENT, B. R. Estudo da evolução da escarpa entre as bacias do Doce/Paraná em Minas Gerais através da quantificação das taxas de desnudação. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, 13 (2), p. 213-221. 2012. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbq.v13i2.280>

SALGADO, A. A. R.; RANGEL, R. C.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; NASCIMENTO, F. A.; GUEDES, E. Relief evolution of the Continental Rift of Southeast Brazil revealed by in situ-produced ¹⁰Be concentrations in river-borne sediments. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 67, p. 89-99, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.02.002>.

SALGADO, A. A. R.; CHEREM, L. F. S.; SORDI, M. V. Grandes capturas fluviais no Brasil: síntese das novas descobertas. **Estudos do Quaternário**, v. 19, p. 23-31, 2019. DOI: <https://doi.org/10.30893/eq.v0i19.176>.

SALGADO, A. A. R.; MARENT, B. R.; PAIXÃO, R. W. Large rivers, slow drainage rearrangements: The ongoing fluvial piracy of a major river by its tributary in the Branco River Basin – Northern Amazon. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 112, 103598, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103598>.

SALGADO, A. A. R.; SALGADO, A. M. R. Modelagem em Geomorfologia: ferramentas, limites e possibilidades. **Revista de Geografia**, v. 37, n. 2, p. 1–20, 2020.

SALGADO, A. A. R.; SORDI, M. V.; NASCIMENTO, F. A.; GOMES, A. A. T. Rearranjos de drenagem na porção setentrional da Bacia Amazônica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, p. 682-695, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbq.v22i3.2016>.

SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology: an introduction to the study of landforms**. Harlow, Essex, England; New York: Longman; John Wiley Inc., 1991.

Recebido: 09/05/2025
Aceito: 12/11/2025