

Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira



caliandra



ORGANIZADORES

Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villaça Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes



CONSELHO EDITORIAL

Membros internos:

Prof. Dr. André Cabral Honor (HIS/UnB) - **Presidente**

Prof. Dr. Herivelto Pereira de Souza (FIL/UnB)

Prof^ª Dr^ª Maria Lucia Lopes da Silva (SER/UnB)

Prof. Dr. Rafael Sânzio Araújo dos Anjos (GEA/UnB)

Membros externos:

Prof^ª Dr^ª Ângela Santana do Amaral (UFPE)

Prof. Dr. Fernando Quiles García (Universidad Pablo de Olavide - Espanha)

Prof^ª Dr^ª Ilía Alvarado-Sizzo (UniversidadAutonoma de México)

Prof^ª Dr^ª Joana Maria Pedro (UFSC)

Prof^ª Dr^ª Marine Pereira (UFABC)

Prof^ª Dr^ª Paula Vidal Molina (Universidad de Chile)

Prof. Dr. Peter Dews (University of Essex - Reino Unido)

Prof. Dr. Ricardo Nogueira (UFAM)



A UnB quem faz
é a gente

Organizadores: Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villança Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

Título: Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira

Volume: 1

Local: Brasília

Editor: Selo Caliandra

Ano: 2022

Parecerista: João Cândido André da Silva Neto

Capa: Luiz H S Cella



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília
Heloiza Faustino dos Santos - CRB 1/1913

R454 Revisões de literatura da geomorfologia brasileira [recurso eletrônico] / organizadores Osmar Abílio de Carvalho Júnior ... [et al.]. – Brasília : Universidade de Brasília, 2022.
1057 p. : il.

Inclui bibliografia.

Modo de acesso: World Wide Web:
<<http://caliandra.ich.unb.br/>>.
ISBN 978-65-86503-85-2.

1. Geomorfologia - Brasil. I. Carvalho Júnior, Osmar Abílio de.

CDU 551.4

Lista de autores

Abner Monteiro Nunes Cordeiro
Adão Osdayan Cândido de Castro
Alberto Oliva
Alex de Carvalho
Ana Camila Silva
André Augusto Rodrigues Salgado
André Luiz Carvalho da Silva
André Paulo Ferreira da Costa
Antônio Carlos de Barros Corrêa
Antonio José Teixeira Guerra
Antônio Pereira Magalhães Junior
Antonio Rodrigues Ximenes Neto
Archimedes Perez Filho
Beatriz Abreu Machado
Breno Ribeiro Marent
Bruno Venancio da Silva
Carlos de Oliveira Bispo
Carmélia Kerolly Ramos de Oliveira
César Augusto Chicarino Varajão
Claudia Rakel Pena Pereira
Cristiano da Silva Rocha
Cristina Helena Ribeiro Augustin
Daniel Françoso de Godoy
Daniel Peifer
Danielle Lopes de Sousa Lima
Danilo Vieira dos Santos
David Hélio Miranda de Medeiros
Delano Nogueira Amaral
Dirce Maria Antunes Suertegaray
Edison Fortes
Edivando Vitor do Couto
Eduardo Souza de Moraes
Edwilson Medeiros dos Santos
Éric Andrade Rezende
Fabiana Souza Ferreira
Fábio Perdigão Vasconcelos
Fabrizio de Luiz Rosito Listo
Fabrizio do Nascimento Garritano
Felipe Gomes Rubira
Flávio Rodrigues do Nascimento
Francisco Dourado
Francisco Edmar de Sousa Silva
Francisco Leandro de Almeida Santos
Frederico de Holanda Bastos
Gisele Barbosa dos Santos
Giselle Ferreira Borges
Guilherme Borges Fernandez
Hugo Alves Soares Loureiro
Idjarrury Gomes Firmino
Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia
Jáder Onofre de Moraes
Jémison Mattos dos Santos
João Paulo de Carvalho Araújo
José Fernando Rodrigues Bezerra
Juliana Sousa Pereira
Julio Cesar Paisani
Jurandyr L. Sanches Ross
Karine Bueno Vargas
Kleython de Araújo Monteiro
Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes
Leonardo dos Santos Pereira
Leonardo José Cordeiro Santos
Letícia Augusta Faria de Oliveira
Lidriana de Souza Pinheiro,
Lígia Padilha Novak
Luiz Fernando de Paula Barros
Manoel do Couto Fernandes
Marcel Hideyuki Fumiya,
Marcelo Martins de Moura Fé
Marcos César Pereira Santos
Maria Bonfim Casemiro
Mariana Silva Figueiredo
Marli Carina Siqueira Ribeiro
Martim de Almeida Braga Moulton
Michael Vinicius de Sordi
Mônica dos Santos Marçal
Neiva Barbalho de Moraes
Nelson Ferreira Fernandes
Nelson Vicente Lovatto Gasparetto
Oswaldo Girão da Silva
Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra
Otávio Cristiano Montanher
Paulo Cesar Rocha
Paulo de Tarso Amorim Castro
Paulo Roberto Silva Pessoa
Pedro Val
Peter Christian Hackspacher
Rafaela Soares Niemann
Raphael Nunes de Souza Lima
Roberto Marques Neto

Roberto Verdum
Rodrigo Vitor Barbosa Sousa
Rubson Pinheiro Maia
Sandra Baptista da Cunha
Sarah Lawall
Sérgio Cadena de Vasconcelos
Sérgio Murilo Santos de Araújo
Silvio Carlos Rodrigues
Silvio Roberto de Oliveira Filho
Simone Cardoso Ribeiro
Tania Cristina Gomes

Thais Baptista da Rocha
Thiago Gonçalves Pereira
Thiago Pereira Gonçalves
Thomaz Alvisi de Oliveira
Tulius Dias Nery
Úrsula de Azevedo Ruchkys
Vanda de Claudino-Sales
Vanessa Martins Lopes
Vinícius Borges Moreira
Vitor Hugo Rosa Biffi

PREFÁCIO

O presente livro consiste em um conjunto de revisões sobre os avanços teóricos e tecnológicos nos diversos temas da Geomorfologia. Concebido para estar em uma plataforma on-line com acesso gratuito, o livro destina-se aos cursos de graduação e pós-graduação que utilizam os conhecimentos geomorfológicos, incluindo Geografia, Geologia, Ecologia, Engenharia, Planejamento Territorial, entre outros. Para atender o escopo e o desafio imposto, a obra possui um total de 36 capítulos que congregam 111 pesquisadores das diversas regiões do Brasil, trazendo relatos relevantes de nossa paisagem e dos avanços alcançados pela Geomorfologia brasileira. Os capítulos do livro estão segmentados em contextos temáticos e geográficos de estudo, incluindo: dinâmica fluvial, ambientes costeiros, evolução de vertentes, micro relevo, ambientes cársticos, geomorfologia regional, geomorfologia estrutural; mapeamento geomorfológico, patrimônio natural, mitigação de riscos naturais; interações pedo-geomorfológicas, etnogeomorfologia, modelos numéricos, novas abordagens tecnológicas em geomorfologia. Além de abranger os conceitos e o estado da arte na análise dos processos e sistemas geomorfológicos, os capítulos realizam uma visão crítica dos diversos temas abordados.

Na última década, inúmeros avanços foram alcançados com o aumento da disponibilidade de dados de monitoramento da superfície terrestre, métodos computacionais e compartilhamento de experiências. A grande quantidade de dados e métodos resulta em novos desafios de análise e processamento na busca de respostas científicas dentro de uma apreciação crítica. A concepção desse livro integra revisões e discussões sobre essas novas abordagens teóricas, instrumentais e tecnológicas que passam a ter um fator primordial para estabelecer os novos rumos da ciência geomorfológica.

Dada a magnitude continental do nosso território, não é surpreendente que a paisagem brasileira seja evidenciada e detalhada em suas peculiaridades nos textos. Portanto, vários capítulos exploram e refletem a natureza distinta da paisagem e da biota brasileira, revelando os processos naturais e as perturbações antrópicas que alteram o meio ambiente e desencadeiam processos erosivos, movimento de massa, inundações, entre outros. Nesse contexto, as pesquisas aplicadas são extremamente oportunas devido à alta demanda para solução de problemas prementes e complexo de nossos ambientes e sociedade, necessitando continuamente de alternativas, novos conceitos, perspectivas tecnológicas e inovações metodológicas. Muitos capítulos abordam revisões sobre trabalhos aplicados na investigação geomorfológica e resolução de problemas, normalmente desencadeados por perturbações humanas com consequências variadas nos diferentes sistemas.

Os editores abnegaram a oportunidade de contribuir com capítulos para garantir a imparcialidade na seleção dos textos que compõe o livro. Por fim, os editores agradecem especialmente a União de Geomorfologia Brasileira e a todos os colaboradores que contribuíram com seus conhecimentos específicos para a elaboração dessa obra abrangente e de grande relevância para o conhecimento da Geomorfologia nacional.

Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villaça Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

SUMARIO

1. CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS EM TORNO DA PESQUISA EM GEOMORFOLOGIA: DO PROJETO AO ARTIGO CIENTÍFICO

André Augusto Rodrigues Salgado
Alberto Oliva

----- 16

2. ARQUIVOS FLUVIAIS QUATERNÁRIOS NO INTERIOR CONTINENTAL: O CONTEXTO SERRANO DE MINAS GERAIS, BRASIL

Antônio Pereira Magalhães Junior
Luiz Fernando de Paula Barros
Alex de Carvalho
Letícia Augusta Faria de Oliveira

----- 39

3. PROCESSOS DE REORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NO BRASIL

Breno Ribeiro Marent
Éric Andrade Rezende
Michael Vinícius de Sordi
André Augusto Rodrigues Salgado

----- 76

4. AVALIAÇÃO INTEGRADA DE SISTEMAS FLUVIAIS: SUBSÍDIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE VALORES PATRIMONIAIS

Carmélia Kerolly Ramos de Oliveira
Paulo de Tarso Amorim Castro
Úrsula de Azevedo Ruchkys

----- 98

5. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DE RISCO DE INUNDAÇÕES

Claudia Rakel Pena Pereira
Sandra Baptista da Cunha

----- 124

6. AJUSTAMENTO FLUVIAL À AGROPECUÁRIA, URBANIZAÇÃO E RESERVATÓRIO E ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DO IMPACTO DESSAS ATIVIDADES NOS RIOS BRASILEIROS	
Eduardo Souza de Morais Otávio Cristiano Montanher	
-----	143
7. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DO BRASIL ASSOCIADA AO ATUAL CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL	
Giselle Ferreira Borges Neiva Barbalho de Morais Ana Camila Silva Leonardo dos Santos Pereira Sarah Lawall	
-----	176
8. CONTROLE TECTONO-ESTRUTURAL DOS SISTEMAS DE DRENAGEM: REVISÃO LITERÁRIA E PROPOSTAS METODOLÓGICAS	
Idjarrury Gomes Firmino Karine Bueno Vargas Edison Fortes	
-----	212
9. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DOS RIOS NO BRASIL	
Mônica dos Santos Marçal Adão Osdayan Cândido de Castro Raphael Nunes de Souza Lima	
-----	240
10. INUNDAÇÕES E CONCEITOS CORRELATOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ANÁLISE COMPARATIVA.	
Rodrigo Vitor Barbosa Sousa Paulo Cesar Rocha	
-----	265
11. SISTEMAS LACUSTRES INTERIORES: AVANÇOS E TÉCNICAS DE ESTUDO	
Gisele Barbosa dos Santos Paulo de Tarso Amorim Castro	
-----	278

12. EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DE PLANÍCIES COSTEIRAS:
DO QUATERNÁRIO AOS EVENTOS ATUAIS

Guilherme Borges Fernandez
Thais Baptista da Rocha
Silvio Roberto de Oliveira Filho
Sérgio Cadena de Vasconcelos
André Luiz Carvalho da Silva
Thiago Gonçalves Pereira
Martim de Almeida Braga Moulton

----- 308

13. MORFOLOGIA COSTEIRA EM LITORAIS URBANOS

Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra
Fábio Perdigão Vasconcelos
Cristiano da Silva Rocha
Maria Bonfim Casemiro
Danilo Vieira dos Santos
Francisco Edmar de Sousa Silva
Delano Nogueira Amaral

----- 351

14. DELTAS DOMINADOS POR ONDAS: TRAJETÓRIA CONCEITUAL,
DINÂMICA E EVOLUÇÃO A PARTIR DE EXEMPLOS DO COMPLEXO
DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL

Thaís Baptista da Rocha
Sérgio Cadena de Vasconcelos
André Paulo Ferreira da Costa
Beatriz Abreu Machado
Mariana Silva Figueiredo
Lígia Padilha Novak
Thiago Pereira Gonçalves
Guilherme Borges Fernandez

----- 381

15. REGISTROS DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR NO
LITORAL BRASILEIRO E AS IMPLICAÇÕES
PERANTE A MORFOGÊNESE DE SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGI-
CAS EM AMBIENTES COSTEIROS

Felipe Gomes Rubira
Archimedes Perez Filho

----- 410

16. VALES INCISOS SUBMERSOS DA PLATAFORMA
CONTINENTAL SEMIÁRIDA DO BRASIL

Antonio Rodrigues Ximenes Neto
Lidriana de Souza Pinheiro
David Hélio Miranda de Medeiros
Paulo Roberto Silva Pessoa
Jáder Onofre de Moraes

----- 445

17. GEOMORFOLOGIA EÓLICA CONTINENTAL E OS
CAMPOS DE DUNAS HOLOCÊNICAS DO PAMPA NO RIO
GRANDE DO SUL, BRASIL

Tania Cristina Gomes
Roberto Verdum

----- 471

18. EROSÃO POR VOÇOROCAS: ESTADO DA ARTE

Juliana Sousa Pereira
Silvio Carlos Rodrigues

----- 499

19. MONITORAMENTO DA EROSÃO HÍDRICA NO BRASIL:
DOS MÉTODOS MANUAIS AOS DIGITAIS

Hugo Alves Soares Loureiro
Antonio José Teixeira Guerra
José Fernando Rodrigues Bezerra
Leonardo dos Santos Pereira
Fabrizio do Nascimento Garritano

----- 526

20. MOVIMENTOS DE MASSA: ESTADO DA ARTE,
ESCALAS DE ABORDAGEM, ENSAIOS DE CAMPO E LABORATÓRIO
E DIFERENTES MODELOS DE PREVISÃO

Fabrizio de Luiz Rosito Listo
Tulius Dias Nery
Carlos de Oliveira Bispo
Fabiana Souza Ferreira
Edwilson Medeiros dos Santos

----- 560

21.	MORFOGÊNESE DE MICRORRELEVOS SIMILARES A MURUNDUS NA PAISAGEM	
	Vinícius Borges Moreira Archimedes Perez Filho	
	-----	593
22.	APLAINAMENTO NO NOROESTE DO PARANÁ: DE MODELOS POLICÍCLICO À MORFOTECTÔNICA QUATERNÁRIA	
	Marcel Hideyuki Fumiya Edivando Vitor do Couto Leonardo José Cordeiro Santos	
	-----	615
23.	GEOMORFOLOGIA DO QUATERNÁRIO E GEOARQUEOLOGIA: ASPECTOS CONCEITUAIS, METODOLÓGICOS E APLICAÇÕES NO SUL DO BRASIL	
	Vitor Hugo Rosa Biffi Marcos César Pereira Santos Julio Cesar Paisani Nelson Vicente Lovatto Gasparetto	
	-----	648
24.	TERMOCRONOLOGIA APLICADA À EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO NORDESTE SETENTRIONAL DO BRASIL: UMA BREVE REVISÃO	
	Francisco Leandro de Almeida Santos Flávio Rodrigues do Nascimento Peter Christian Hackspacher (In Memoriam) Marli Carina Siqueira Ribeiro Bruno Venancio da Silva & Daniel França de Godoy	
	-----	677
25.	A TAXONOMIA DO RELEVO E A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA REGIONAL	
	Jurandyr L. Sanches Ross Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia	
	-----	701

26.	RELEVOS GRANÍTICOS DO NORDESTE BRASILEIRO: UMA PROPOSTA TAXONÔMICA	
	Frederico de Holanda Bastos Danielle Lopes de Sousa Lima Abner Monteiro Nunes Cordeiro Rubson Pinheiro Maia	
	-----	733
27.	REVISITANDO OS MODELOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO	
	Daniel Peifer Cristina Helena Ribeiro Augustin	
	-----	759
28.	SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGICAS E MODELOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO	
	Karine Bueno Vargas Idjarrury Firmino Michael Vinicius de Sordi	
	-----	793
29.	A GEOMORFOLOGIA NOS ESTUDOS INTEGRADOS DA PAISAGEM: ENFOQUE EVOLUTIVO E DINÂMICO NA INTERPRETAÇÃO DOS SISTEMAS GEOMORFOLÓGICOS	
	Roberto Marques Neto Thomaz Alvisi de Oliveira	
	-----	813
30.	ESTADO DA ARTE DOS ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS NO NORDESTE BRASILEIRO: UMA SÍNTESE (E VÁRIAS TESES)	
	Vanda de Claudino-Sales Antonio Carlos Barros Côrrea Kleython de Araújo Monteiro Rubson Pinheiro Maia	
	-----	845
31.	AS SUPERFÍCIES DE EROSÃO DO “BRASIL ORIENTAL”	
	César Augusto Chicarino Varajão	
	-----	875

32.	ETNOGEOMORFOLOGIA - RELAÇÕES ENTRE POPULAÇÕES TRADICIONAIS E A PAISAGEM FÍSICA	
	Simone Cardoso Ribeiro Vanessa Martins Lopes Osvaldo Girão da Silva Antônio Carlos de Barros Corrêa	
	-----	886
33.	DESAFIOS E PERSPECTIVAS DAS PESQUISAS SOBRE O PATRIMÔNIO GEOMORFOLÓGICO NO BRASIL	
	Vanda de Claudino-Sales Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes	
	-----	910
34.	USO DO LIDAR NA GEOMORFOLOGIA: APLICAÇÕES E DESAFIOS FUTUROS	
	João Paulo de Carvalho Araújo Rafaela Soares Niemann Francisco Dourado Manoel do Couto Fernandes Nelson Ferreira Fernandes	
	-----	927
35.	MODELOS NUMÉRICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO (LEMS) E SUA IMPORTÂNCIA PARA ESTUDOS DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM	
	Nelson F. Fernandes Daniel Peifer Pedro Val	
	-----	953
36.	SOLO HISTÓRICO DA DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL	
	Jémison Mattos dos Santos Sérgio Murilo Santos de Araújo Dirce Maria Antunes Suertegaray	
	-----	1000

37. GEOMORFOLOGIA ESTRUTURAL:
REVISITANDO TEORIAS, MÉTODOS E ESTUDOS
DE CASO NO NORDESTE BRASILEIRO

Frederico de Holanda Bastos
Abner Monteiro Nunes Cordeiro
Marcelo Martins de Moura Fé

----- 1029

3. PROCESSOS DE REORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NO BRASIL

Breno Ribeiro Marent¹, Éric Andrade Rezende², Michael Vinícius de Sordi³ & André Augusto Rodrigues Salgado⁴

¹ Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais; brenomarent@gmail.com;

² Doutor em Geologia pela Universidade Federal de Ouro Preto; ear.88@hotmail.com

³ Professor Substituto da Universidade Estadual do Oeste do Paraná; michael.sordi@gmail.com

⁴ Professor Associado do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais; aarsalgadoufmg@gmail.com

Resumo: Processos de reorganização da rede de drenagem são fundamentais para evolução do relevo e do meio ambiente, pois modificam fluxos de energia, sedimentos e seres vivos. Entretanto, até o início do século XXI tais processos haviam sido pouco investigados no Brasil. Tudo mudou quando uma série de estudos começou a demonstrar que processos de reorganização da rede de drenagem são recorrentes e explicam boa parte da configuração hidrográfica do território brasileiro. De modo geral, pesquisas recentes constataram que esses processos são muito dinâmicos sendo comum que bacias hidrográficas tenham áreas pirateadas por suas vizinhas ao mesmo tempo em que também, em outros trechos, contra-pirateiam porções das bacias adjacentes. Verificaram ainda que diferenças entre o nível de base, declividade, litoestrutura e clima são fatores controladores desses processos. Espacialmente, ficou demonstrado que na porção leste do Brasil há uma tendência das bacias hidrográficas que drenam diretamente para o Oceano Atlântico se expandirem à custa daquelas que se dirigem para o interior continental, notadamente as dos rios Paraná e São Francisco. No Norte do Brasil, a bacia hidrográfica do Amazonas tende a se expandir na sua porção setentrional. No Centro-Oeste ocorre um complexo sistema de disputa entre as bacias hidrográficas dos rios Tocantins, São Francisco e Paraná. Por fim, é possível afirmar que o tema ainda necessita ser muito investigado e que há diversas capturas fluviais por serem descobertas e pesquisadas no território brasileiro.

Palavras-Chave: Captura Fluvial; Pirataria Fluvial; Bacia Hidrográfica; Interflúvio.

Abstract: Drainage rearrangements are fundamental processes for landforms and environment evolution as they modify flows of energy, sediments, and living beings. However, until the beginning of the 21st century, such processes had been least studied within Brazil. It all changed when a series of studies demonstrated that drainage rearrangement processes are persistent and explain much of the Brazilian hydrography. Generally, the latest researches state that such processes are very dynamic, and it is common for river basins to have areas pirated by their

neighbors, while in other stretches, they counter-pirate portions of the adjacent basins. They also stated that differences between base levels, slope degrees, lithostructure, and climate control such processes. Spatially it has been demonstrated that within eastern Brazilian basins that drain directly towards the Atlantic Ocean expand over those that drain the continental inlands, notably those of the Paraná and São Francisco rivers. Within northern Brazil, the Amazon River basin tends to expand northwards. The Central-west region has a complex system of dispute the Tocantins, São Francisco, and Paraná river basins. Finally, it is possible to state that drainage rearrangements still need to be investigated and that there are several rivers captures to be discovered and researched within Brazilian territory.

Keywords: Fluvial Capture; Fluvial Piracy, Hydrographic Basin, Hydrographic Divide.

Tema: Geomorfologia Fluvial.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais, onde predominam tipos climáticos tropicais úmidos. Tal fato, aliado à própria configuração do relevo sul-americano, que favorece a instalação de grandes drenagens a leste da Cordilheira dos Andes, faz com que algumas das principais bacias hidrográficas do globo drenem seu território. Destaca-se, obviamente, a do rio Amazonas, cuja bacia hidrográfica drena área superior aos sete milhões de quilômetros quadrados e é a maior do mundo. Citam-se também as dos rios Araguaia-Tocantins, São Francisco e Paraná, com áreas drenadas superiores a meio milhão de quilômetros quadrados. Esses fatos, por si só, já justificam que a geomorfologia brasileira tenha atenção especial para com estudos acerca da morfogênese e evolução de bacias hidrográficas, incluindo aqueles referentes à reorganização da rede de drenagem.

A reorganização da drenagem se refere a transferência de fluxo e a áreas entre cursos d'água (BISHOP, 1995). Tais processos são responsáveis por intensas e rápidas transformações nos fluxos de energia, matéria e seres vivos. Explicam não somente a morfogênese de amplas regiões continentais (RIBEIRO et al. 2018), como também ajudam a compreender a distribuição da ictiofauna ao longo dos cursos fluviais (ALBERT e REIS, 2011). Entretanto, no Brasil, poucas investigações sobre reorganizações da drenagem ao longo do século XX foram conduzidas. Dentre essas poucas, destaca-se a descoberta da captura das cabeceiras do rio Tiete - afluente do rio Paraná – pelo rio Paraíba do Sul na região de Guararema em São Paulo (AB'SABER, 1957).

Já no século XXI, estudos acerca das reorganizações de drenagem ganharam especial impulso no Brasil (SALGADO et al., 2018). Embora o tema tenha se desenvolvido tardiamente, trabalhos importantes foram desenvolvidos no território nacional e, ao contrário do que se supunha, mostraram que capturas de grande magnitude não foram tão raras quanto se imaginava. Nesse sentido, vale ressaltar que a reorganização da drenagem geralmente ocorre entre pequenos canais fluviais, principalmente entre cabeceiras de drenagem que partilham um mesmo interflúvio, sendo raras as que

envolvam grandes rios e acarretem sensíveis alterações nos processos de dissecação e sedimentação das áreas continentais (BISHOP, 1995). Sendo assim, a descoberta no Brasil de processos de reorganização de drenagem sobre extensas áreas e grandes cursos fluviais tornou-se elemento de interesse internacional e de grande valia didática.

O presente texto, além de conceituar e explicar os processos de reorganização de drenagem, apresenta uma síntese do que já foi pesquisado no território brasileiro, destacando eventos de grande magnitude. Por grande magnitude entende-se aqueles eventos que causaram a mudança de bacia hidrográfica de grandes áreas – com dezenas de milhares de km² – e interferiram em elevada escala nos fluxos de energia, matéria e seres vivos, alterando, assim, a morfogênese de regiões inteiras.

2. REORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM: CONCEITUAÇÃO

Como supracitado, a reorganização da drenagem é o processo de transferência do fluxo – parcial ou total – e a incorporação de áreas drenadas, de um canal para outro em diferentes escalas espaciais (BISHOP, 1995). São reconhecidos três mecanismos principais de reorganização de drenagem: captura (que pode ser superficial ou subterrânea), desvio (ou transbordamento) e decapitação (BISHOP 1995; PEDERSON, 2001; SUMMERFIELD, 1991). Tais mecanismos podem ser distinguidos entre processos ascendentes (*bottom-up*) e descendentes (*top-down*) (BISHOP 1995). Processos ascendentes resultam em uma interceptação e subtração ativa de um sistema fluvial adjacente como, por exemplo, na retração de cabeceiras (por captura ou decapitação). Por outro lado, os processos descendentes levam um rio a se direcionar para outra bacia, como na situação dos desvios causados por migração, tectonismo ou fluxos catastróficos.

A captura fluvial (ou pirataria) é talvez o mecanismo de reorganização fluvial mais comumente reportado na literatura e ocorre quando um canal é interceptado por um sistema fluvial adjacente, geralmente com maior poder erosivo (erosão remontante) (BISHOP, 1995) (Figura 1 – A1, A2 e A3). Com isso, o fluxo a montante do ponto de interceptação é desviado para o canal capturador e, por vezes, parte jusante do canal capturado tem também seu fluxo invertido. O ponto no qual a captura ocorreu é indicado por uma mudança acentuada na direção do canal – o cotovelo de captura (na bacia capturadora) (Figura 1 – A3). Outras possíveis morfologias testemunho incluem (Figura 1 - A): (i) baixos divisores que marcam a porção do antigo vale fluvial que se transformou no novo interflúvio; (ii) vales secos (*wind gaps*) ou superdimensionados que marcam paleocanais fluviais que graças a captura de suas cabeceiras perderam seu fluxo hídrico de forma total ou parcial e; (iii) padrão de drenagem invertido (ortogonal/farpado) na bacia capturadora.

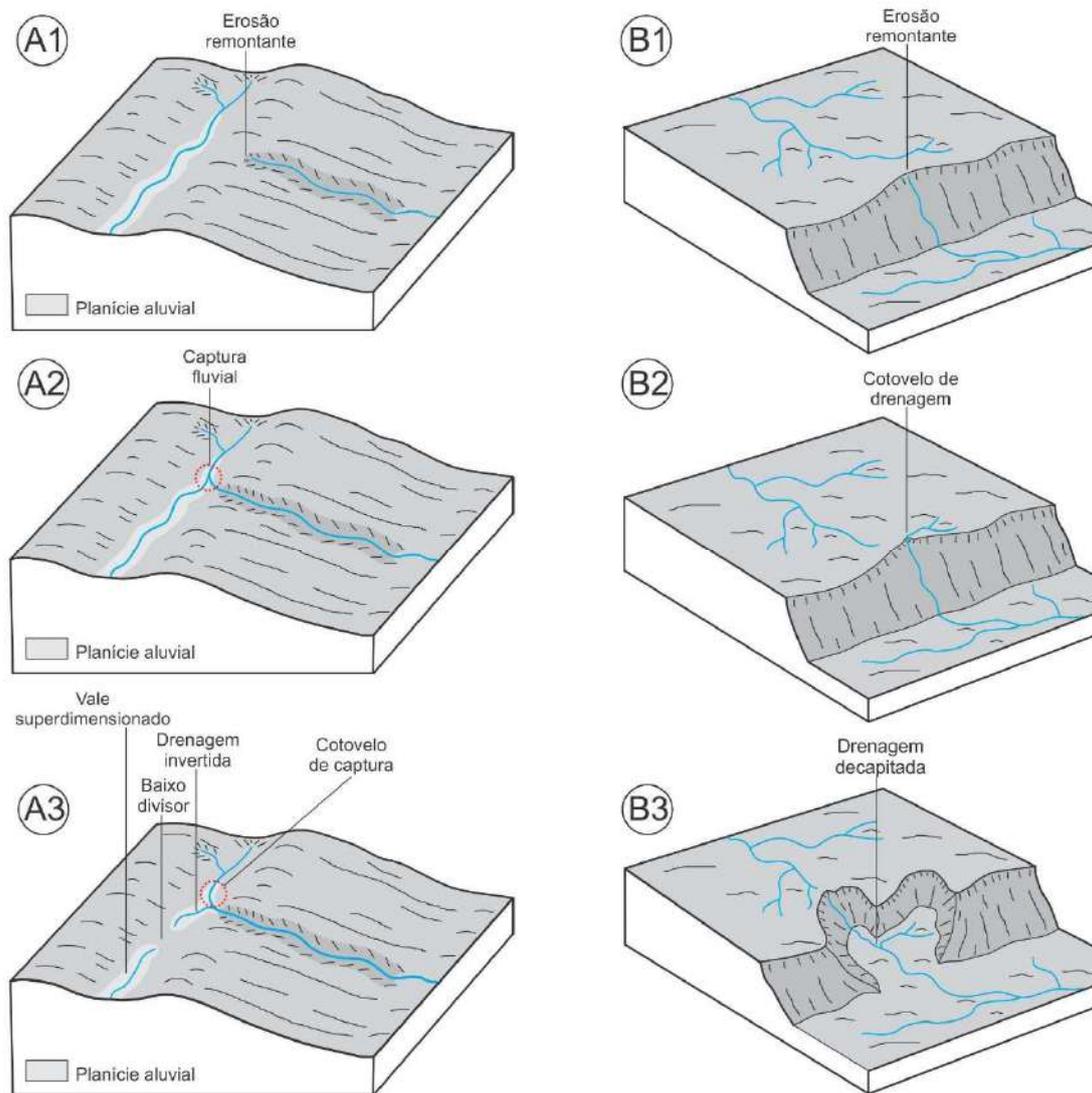


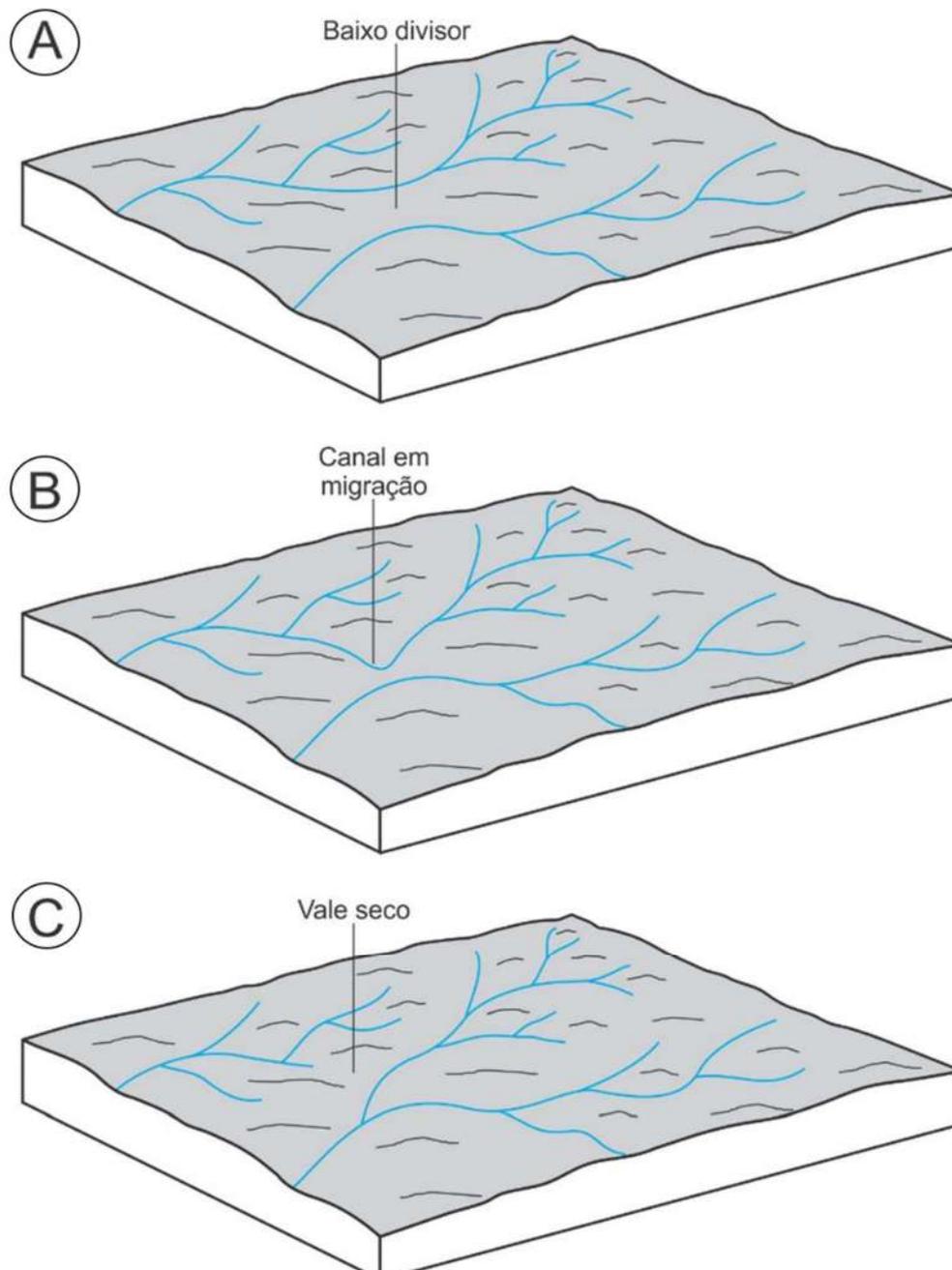
Figura 1. Modelos evolutivos esquemáticos de reorganização de drenagem: por captura (A1 – A2 – A3) e por decapitação (B1 – B2 – B3).

Já na captura subterrânea, a atuação erosiva remontante do nível freático de uma bacia rompe o divisor e captura os fluxos subterrâneos e áreas drenadas pela bacia capturada. Ocorre predominantemente em ambientes cársticos, sobretudo em regiões calcárias (PEDERSON, 2001).

A decapitação é a apropriação (ou abstração) de uma área drenada por um canal fluvial para outro adjacente sem preservar as linhas de drenagem da área apropriada (Figura 1 – B1, B2 e B3). Esse processo é muito comum em áreas escarpadas onde há grande diferença topográfica e denudacional entre as bacias hidrográficas vizinhas, uma em cada face da escarpa. No entanto, nesses casos, a intensa denudação pós-captura faz com que a maioria das evidências seja apagada da paisagem, tornando difícil a documentação desse processo (SCHIMIDT 1989; PRINCE et al. 2010; WILLETT *et al.*, 2014).

Por sua vez, o desvio fluvial decorre do redirecionamento ou da migração de uma drenagem para um sistema adjacente. É consequência da ação tectônica ou da avulsão

catastrófica por fluxos de alta magnitude que redirecionam os canais fluviais em direção às bacias hidrográficas vizinhas (Figura 2). Nesse tipo de reorganização fluvial há transferência de área e preservação das linhas de drenagem.



7

Figura 2. Modelo didático da evolução da rede de drenagem por desvio.

Quanto aos fatores que determinam a ocorrência da pirataria fluvial, Bishop (1995) entende que diferenças altimétricas entre os níveis de base e declividade das bacias hidrográficas são fatores comumente sugeridos como chaves para esse processo. Além disso, o mesmo autor não deixa de ressaltar que as dessemelhanças entre as litologias e estruturas também podem dificultar ou acelerar o processo erosivo e assim atuar como elementos chave no processo de pirataria fluvial. Sendo assim, o canal capturador

geralmente está associado a um nível de base local e/ou regional mais baixo e o processo será mais recorrente no caso de existir um divisor pouco elevado entre os canais envolvidos na captura, dado a ausência de grande obstáculo erosivo. Para Bishop (1995, 2007), essas observações aparentemente indicam que capturas fluviais ocorrem sob condições muito restritas e, portanto, são relativamente raras. Por sua vez, Pederson (2001) acrescenta que o material geológico no local onde a captura acontece deve ser suscetível a desagregação por processos mecânicos ou químicos, ou já deve estar desagregado. Este autor ainda argumenta que os padrões de fluxo de águas subterrâneas e os processos de solapamento a elas relacionados são importantes na maioria dos casos.

No entanto, com a reorganização da rede hidrográfica, não só os interflúvios são afetados, como também toda a dinâmica erosiva dos dois sistemas: capturado e capturador (MIKESELL *et al.* 2010; WILLET *et al.* 2014; WHIPPLE *et al.* 2017). Tais mudanças se refletem nos perfis longitudinais dos canais e podem aumentar ou diminuir a estabilidade do canal capturador e das vertentes, contribuindo para a continuidade ou não do processo de reorganização fluvial (WHIPPLE *et al.* 2017). Sendo assim, os processos de reorganização da rede de drenagem possuem grande relevância para a evolução da paisagem, pois afetam as taxas de denudação, o grau de dissecação das vertentes e a direção dos fluxos de energia e sedimentos, implicando em grandes mudanças no relevo e na hidrografia regional (WILLETT *et al.* 2014; WHIPPLE *et al.* 2017). Além disso, as capturas fluviais podem se refletir na fauna e flora, especialmente na migração de espécies aquáticas entre as diferentes bacias hidrográficas (RIBEIRO, 2006), algo que parece ter sido recorrente ao longo de toda a porção do continente Sul-americano localizada a leste da Cordilheira dos Andes (ALBERT e REIS, 2011).

3. EXEMPLOS BRASILEIROS: PEQUENAS CAPTURAS, GRANDES REARRANJOS DE DRENAGEM

As serras do Mar e da Mantiqueira (Figura 3) marcam o divisor entre as bacias litorâneas e continentais no sudeste brasileiro. Nessas escarpas predominam litotipos graníticos e gnáissicos e destacam-se na paisagem, graças à erosão diferencial, os granitos que sustentam os famosos pães-de-açúcar que frequentemente criam barreiras à erosão (SALGADO *et al.* 2014; MARENT *et al.* 2018). Apesar da proximidade com o litoral, as altitudes, por vezes, superam os dois mil metros, sendo comum se situarem acima dos mil metros em relação ao nível do mar (VIEIRA e GRAMANI, 2015; MARQUES NETO *et al.*, 2015). Entre as duas serras destaca-se ainda o Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) por onde, de modo geral, escoam a rede hidrográfica pertencente à bacia do Rio Paraíba do Sul (RICCOMINI *et al.*, 2004; RICCOMINI *et al.* 1989; 2010; ZÁLAN & OLIVEIRA, 2005) (Figura 3).

O fenômeno das capturas fluviais é muito recorrente ao longo de toda a extensão das serras do Mar e Mantiqueira (SILVA *et al.*, 2006; OLIVEIRA e QUEIROZ NETO, 2007; CHEREM *et al.*, 2012, 2013; SALGADO *et al.*, 2012, 2014, 2016; SORDI *et al.*, 2018), pois as cumeadas dessas serras subdividem bacias hidrográficas com nível de base

para o reverso da escarpa da Serra do Mar (SALGADO *et al.*, 2014). Quando isso ocorre, há a tendência dos cursos fluviais que drenam a fachada atlântica da Serra do Mar ganharem área rapidamente. As bacias hidrográficas dos rios Itajaí-Açu e Ribeira do Iguape nas regiões Sul e Sudeste do Brasil são excelentes exemplos desse processo em estágio avançado. Ou seja, são bacias hidrográficas que, embora se situem na vertente continental da Serra do Mar, drenam diretamente para o Oceano Atlântico, pois possuem gênese em pequenas capturas fluviais que ao romperem a Serra do Mar encontraram facilidade para se expandirem no reverso da escarpa (SORDI *et al.*, 2015, 2018).

No entanto, mais do que na Serra do Mar, o processo de recuo das escarpas continentais sendo favorecido e, por sua vez favorecendo as capturas fluviais, possui no Brasil seus melhores exemplos ao longo das escarpas da Serra da Mantiqueira e da Serra Geral no Planalto de Santa Catarina (Figura 3) (CHEREM *et al.*, 2012, 2013; SALGADO *et al.*, 2012, 2016; SORDI *et al.*, 2015, 2018; PAIXÃO *et al.*, 2019; MARENT e VALADÃO, 2019). Nessas regiões é comum que o divisor hidrográfico entre as principais bacias hidrográficas – Paraná, Doce e Paraíba do Sul na Serra da Mantiqueira e Itajaí-Açu, Uruguai e Paraná na Serra Geral - não constitua em si uma linha de cumeada, mas sim um degrau no relevo onde uma bacia drena o patamar superior do degrau, outra o inferior, e o limite entre as duas se localiza no topo da escarpa (Figura 4). Neste contexto, o recuo erosivo da escarpa favorece que canais de primeira ordem que possuem suas cabeceiras no topo ou ao longo da escarpa e que fluem para a bacia hidrográfica que drena o patamar inferior, interceptem aqueles que escoam pelo patamar superior e os pirateiem. Entretanto, esta captura faz com que os cursos fluviais pirateados no topo da escarpa tenham mais energia e assim dissequem o relevo favorecendo novas capturas fluviais, bem como o próprio recuo da escarpa em um processo que se retroalimenta (Figura 4). Logo, a captura envolve três momentos distintos, nessa ordem: (i) a captura em si na parte superior do degrau no relevo, que causa total ou parcial modificação na direção do fluxo dos canais capturados; (ii) rebaixamento topográfico do relevo da área capturada graças à erosão mais intensa determinada pelo novo nível de base mais rebaixado; e (iii) recuo erosivo da escarpa e completa incorporação da área capturada ao nível inferior do degrau no relevo.

Vale ressaltar que, embora essas capturas fluviais sejam, em geral, de pequena dimensão, o continuar do processo ao longo do tempo geológico resultou inúmeras piratarías e considerável expansão de algumas bacias hidrográficas em detrimento de outras. Inclusive, eventos foram registrados no quaternário tardio (CAMELIER *et al.* 2018). Isso indica a recorrência desse processo com diferentes gerações de captura de variadas magnitudes podendo ser observadas na paisagem (CAMELIER *et al.* 2018; SALGADO *et al.* 2012; 2013; 2016; CHEREM *et al.*, 2012, 2013; SORDI *et al.* 2015; 2018).

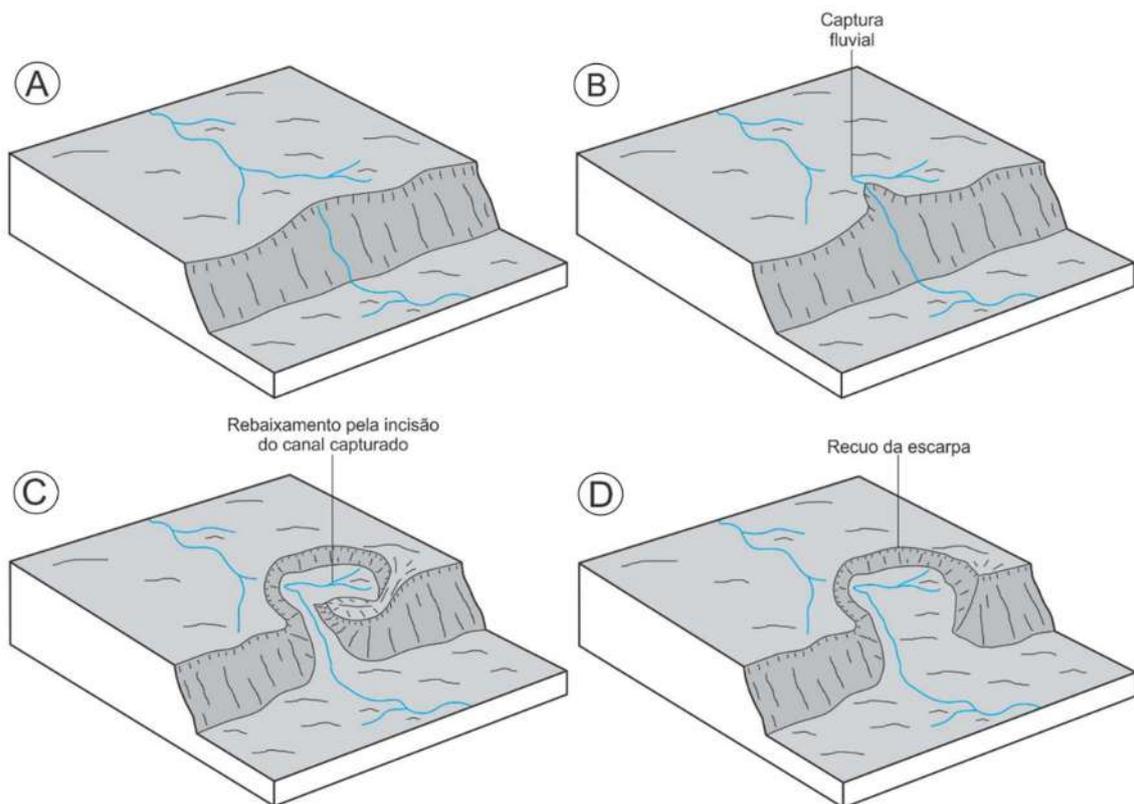


Figura 4: Modelo de evolução do processo de pirataria fluvial em áreas de degrau no relevo: Serra da Mantiqueira e Serra Geral de Santa Catarina.

No caso da Serra da Mantiqueira a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul foi a grande pirata, a do rio Doce pirateou e foi pirateada e a do rio Paraná foi a grande perdedora de áreas (CHEREM *et al.*, 2012, 2013; SALGADO *et al.*, 2012, 2016; PAIXÃO *et al.*, 2019). Já na Serra Geral em Santa Catarina o Rio Itajaí-Açu, aquele mesmo que em um estágio inicial rompeu a Serra do Mar, pelo contínuo recuo de suas cabeceiras, progrediu rumo ao interior e roubou significativas áreas das bacias hidrográficas interiores dos rios Uruguai e Paraná (SORDI *et al.*, 2015, 2018).

4. EXEMPLOS BRASILEIROS: GRANDES REARRANJOS DE DRENAGEM NA REGIÃO AMAZÔNICA

No território brasileiro, os maiores eventos de reorganização fluvial ocorreram na Amazônia. Entre estes, talvez o mais intrigante seja aquele ainda em andamento e que foi narrado por von Humboldt e Bompland no início do século XIX e investigado no século XXI por Stokes *et al.* (2018) (Figura 5): a captura do rio Orinoco pelo rio Casiquiare, afluente do rio Negro (bacia do Amazonas) na fronteira sudeste da Venezuela com o Brasil, no interior da floresta Amazônica. Nessa região o alto rio Orinoco se subdivide em dois (Figura 5): (i) o braço mais antigo prossegue em direção ao Mar do Caribe e constitui o canal principal do próprio rio Orinoco e; (ii) o canal mais novo – rio Casiquiare – se dirige para o rio Negro, afluente do rio Amazonas.



Figura 5: Localização dos eventos de reorganização de drenagem de maior magnitude na região amazônica.

O rio Orinoco, logo a jusante da bifurcação, assoreia o seu próprio leito e isto demonstra uma tendência para que seu fluxo hídrico se dirija cada vez mais para a bacia amazônica (STOKES *et al.*, 2018). Embora esse processo já dure pelo menos 200 anos, atualmente 75% da vazão ainda continua no rio Orinoco e apenas 25% se direciona para o rio Casiquiare. Quando completa, esta captura incorporará uma área de 40.000 km² à bacia Amazônica. Contudo, a duração da bifurcação desses canais, Casiquiare e Orinoco, por pelo menos dois séculos, sugere que a captura fluvial em planícies aluviais não é simples ou instantânea. Trata-se, antes de tudo, de um processo que pode se mostrar complexo, longo e dinâmico (STOKES *et al.*, 2018).

Entretanto, esta não é a única captura fluvial identificada na Amazônia setentrional. Guerra (1957), Berrangé (1975), Schaefer e Dalrymple (1996), Cremon *et al.* (2016) e Nascimento *et al.* (2019) sugerem que o setor norte da bacia do rio Branco em Roraima teria um curso preferencial em sentido SW-NE, em direção ao Mar do Caribe, formando uma bacia hidrográfica denominada Proto-Berbice (Figura 5). De fato, Nascimento (2020) demonstra que toda a alta bacia do rio Branco, abrangendo boa parte do território do Estado de Roraima, fluía em direção ao rio Essequibo. Porém, o mesmo autor aponta que, a exemplo do que ocorre com o rio Casiquiare, a captura dessa imensa área para a

bacia amazônica não foi um processo rápido ou simples. Os principais cursos fluviais formadores do rio Branco – rios Uraricoera, Tacutu e Maú – foram capturados um a um e passaram por uma série de fases antes de serem definitivamente incorporados à bacia amazônica. Entre essas fases, podem ser contabilizados momentos de endorreísmo em plena região amazônica (NASCIMENTO, 2020). Tal fato comprova a complexidade dos processos geomorfológicos na Amazônia.

Porém, a maior reorganização de drenagem já investigada na região amazônica ocorreu no próprio curso principal do rio Amazonas. Na verdade, não se trata de uma reorganização de drenagem clássica, mas sim de uma possível conexão entre dois sistemas fluviais após a inversão de fluxo de um deles (Figura 6). A evolução paleogeográfica do rio Amazonas possui estreita relação com o soerguimento da cadeia andina ao longo do Cenozoico. Contudo, a idade desse segmento fluvial transcontinental, se ele de fato existiu, e os mecanismos que levaram a sua conexão ainda são alvo de debates e incertezas. Estudos recentes indicam que a formação da bacia hidrográfica do rio Amazonas se iniciou com o soerguimento de montanhas na Cordilheira Oriental durante o Oligoceno e foi concluída ao final do Mioceno e início do Plioceno com o estabelecimento aproximado de seus limites atuais (HOORN, 2017) (Figura 6).

Em linhas gerais, os estudos de Figueiredo *et al.* (2009), Hoorn *et al.* (2010), Soares Júnior *et al.* (2012) e Albert *et al.* (2018) apontam que do Cretáceo Superior ao início do Mioceno existia um sistema de drenagem voltado para o Atlântico e outro para o Pacífico e/ou Caribe. O Arco de Purus, que separa as bacias sedimentares do Solimões e do Amazonas atuava também como divisor hidrográfico entre os dois sistemas fluviais (Figura 6). O rio de maior dimensão, voltado para o oeste, foi denominado Sanozama (Amazonas ao contrário). No Mioceno Médio, com a intensificação do soerguimento dos Andes, formou-se associado ao sistema fluvial ocidental o grande lago ou pântano Pebas, possivelmente conectado à época ao Mar do Caribe. Esse lago foi gradativamente assoreado, fato que culminou com a reversão de todo o sistema fluvial para o Oceano Atlântico ao final do Mioceno (Figura 6). Além da intensificação do soerguimento dos Andes, a conexão entre os dois sistemas fluviais estaria relacionada a uma queda global no nível do mar. Com base em análises geoquímicas e palinológicas em sedimentos na foz do rio Amazonas, Hoorn *et al.* (2017) situam entre 9,4 e 9 milhões de anos a transição desse sistema fluvial com nascentes em terras baixas tropicais para um rio transcontinental conectado aos Andes.

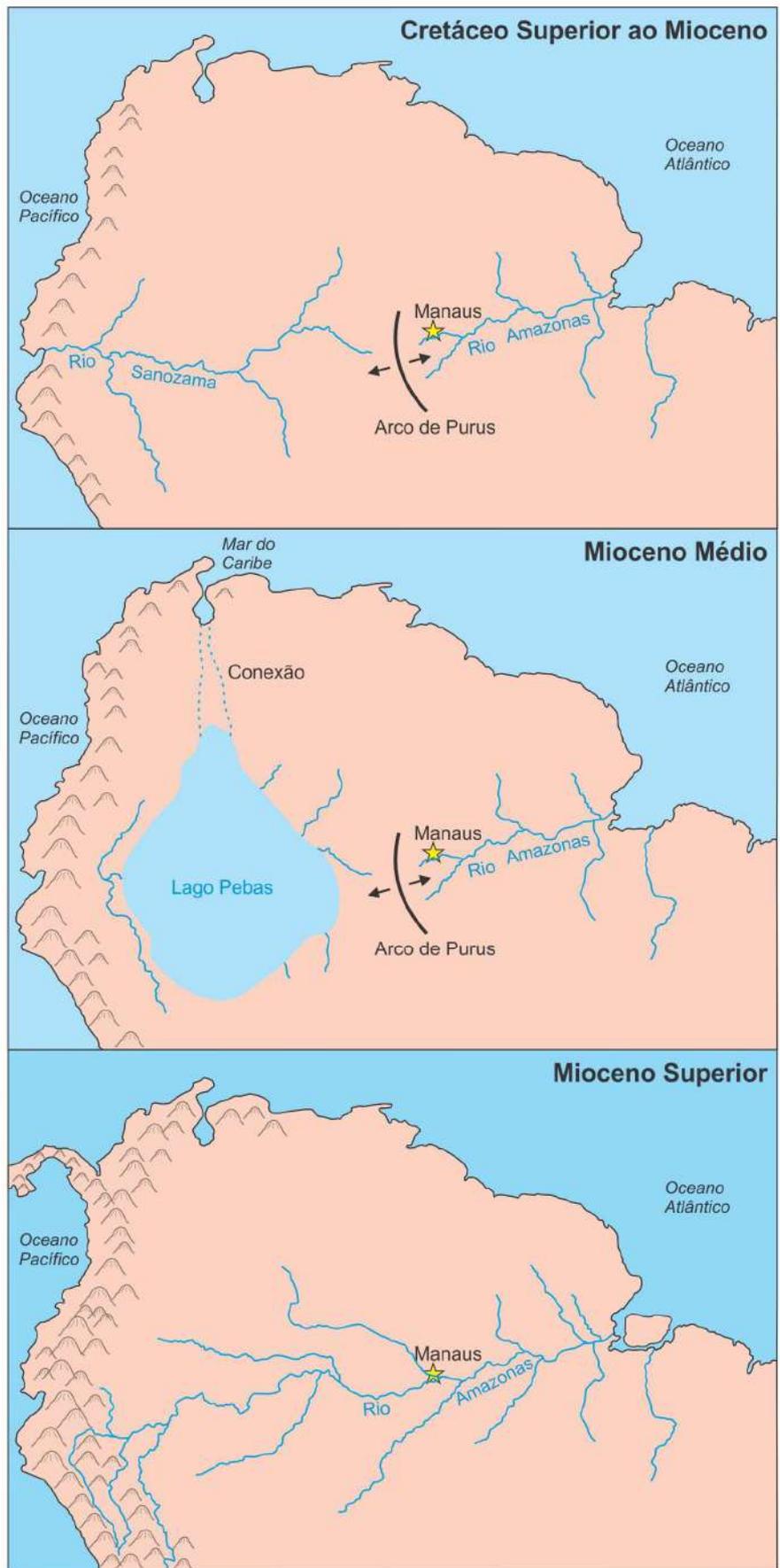


Figura 6. Síntese da evolução paleogeográfica do rio Amazonas.

5. EXEMPLOS BRASILEIROS: OS REARRANJOS DE DRENAGEM DE GRANDE MAGNITUDE NO NORDESTE BRASILEIRO

Não só na úmida Amazônia ocorrem processos de reorganização de drenagem de grande magnitude. Ab'Sáber (1998), ao lado do “cotovelo de Guararema” no rio Paraíba do Sul, destaca o “cotovelo de Petrolina-Juazeiro” no rio São Francisco (Figura 7) como uma das duas anomalias hidrográficas mais conhecidas no Brasil. A notável inflexão do rio São Francisco, que muda de uma direção geral SSW-NNE para NW-SE, não é formada por um único cotovelo, mas sim por uma transição gradativa de direção composta por diversos cotovelos de drenagem. O primeiro deles está situado na altura da cidade de Remanso, no norte baiano, enquanto o último situa-se nas proximidades de Cabrobó, em Pernambuco. Essa mudança anômala na direção do rio São Francisco leva a uma interpretação de que no passado ele seguia para norte, desaguando na margem equatorial brasileira (Figura 7). Portanto, o baixo curso do São Francisco ancestral corresponderia aproximadamente ao atual rio Parnaíba, que tem sua foz na divisa entre Maranhão e Piauí. O ponto de captura estaria junto ao primeiro cotovelo de drenagem, onde pouco a norte há um baixo divisor, como também já observaram Karner e Driscoll (1999). Esta interpretação encontra eco em Valadão (1998) que também afirma que no Paleógeno a organização espacial da rede hidrográfica era substancialmente diferente daquela que atualmente se observa no interior continental do Brasil Oriental. Um “rio São Francisco ancestral” se articulava à bacia do rio Parnaíba e tinha sua calha alojada no sinformal modelado nas rochas mesozoicas que compõem a Bacia Sedimentar Sanfranciscana. Para esse autor, a mudança de seu curso para a atual posição teria sido gradativa, decorrente de uma série de capturas fluviais que teriam sido condicionadas pela abertura de depressões interplanálticas em resposta a um soerguimento ocorrido no Mioceno Médio.

Porém, tal hipótese não é consensual. Além do eixo atualmente ocupado pelo vale do rio Parnaíba, outras possibilidades menos prováveis de continuidade do rio São Francisco para norte envolveriam os atuais vales dos rios Acaraú, Coreaú e Jaguaribe, todos situados no Ceará, a leste do rio Parnaíba. Neste caso, a fragmentação da antiga rede de drenagem poderia estar relacionada ao soerguimento do Planalto da Borborema e de áreas adjacentes, como a Chapada do Araripe. De qualquer modo, considerando a hipótese mais provável e com base na cronoestratigrafia das bacias marginais de Mundaú e Sergipe, Karner e Driscoll (1999) situam no Eoceno Médio a importante captura que teria envolvido as bacias dos rios Parnaíba e São Francisco. O rio Parnaíba deságua na margem da Bacia de Mundaú enquanto o rio São Francisco tem sua foz na margem da Bacia de Sergipe. Como consequência direta da reorganização de drenagem, o aporte sedimentar clástico e a incisão fluvial na margem da Bacia de Mundaú foram abruptamente reduzidos no Eoceno, diminuindo a deposição de turbiditos. Em contraste, o volume de turbiditos aumentou de forma acentuada na Bacia de Sergipe no mesmo período.

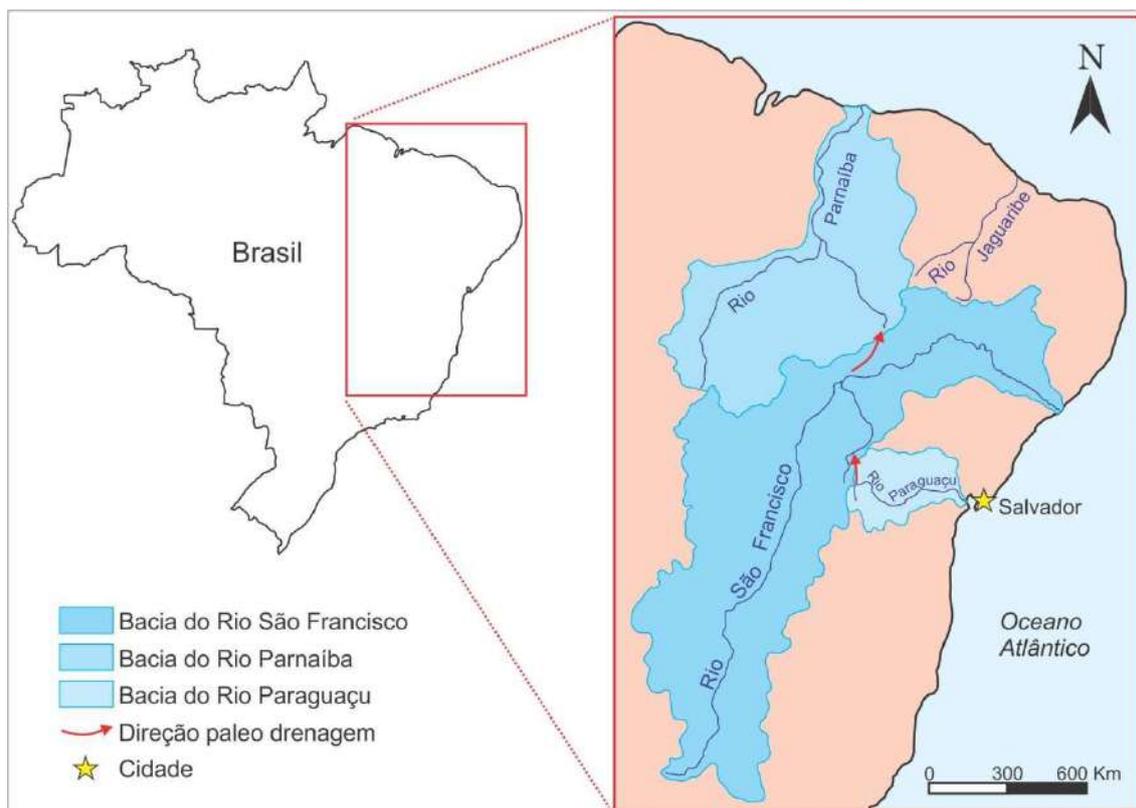


Figura 7. Localização das reorganizações de drenagem de maior magnitude no Nordeste brasileiro.

De menor dimensão, mas ainda envolvendo considerável área, foi recentemente identificada outra grande pirataria fluvial no semiárido brasileiro. Trata-se da captura fluvial, pela bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, de quase toda a Chapada Diamantina/BA, que antes tinha a maior parte de seus canais fluindo em direção ao rio São Francisco (CORDEIRO, 2019) (Figura 7). Na verdade, o processo se deu por uma série de três capturas fluviais identificadas na região da Serra do Sincorá, cujo flanco leste recebe maior volume pluviométrico decorrente de chuvas orográficas. Duas das três capturas fluviais foram caracterizadas como resultado de erosão remontante onde as paleocabeceiras dos rios Paraguaçu e Santo Antônio, aproveitando do sistema estrutural, conseguiram romper a escarpa leste da Serra do Sincorá e alcançar o interior do pediplano que se localiza na porção central da Chapada Diamantina. Ao fazerem isso, interceptaram os cursos fluviais que drenavam em direção ao rio São Francisco e os incorporaram à rede de drenagem que verte mais diretamente para o Oceano Atlântico, estendendo assim as cabeceiras do rio Paraguaçu por vários quilômetros (CORDEIRO, 2019).

Como dito acima, houve ainda uma terceira grande captura fluvial durante esse processo na região da Chapada Diamantina (Figura 7). Esta merece créditos pela sua componente cárstica. De fato, a contínua erosão na porção superior da Serra do Sincorá levou à exposição dos metassiltitos, rochas mais tenras, e facilitou a incisão fluvial, atingindo os calcários localizados no mesmo patamar topográfico da bacia hidrográfica do rio Irecê (CORDEIRO, 2019). Ao atingir a região com presença de sumidouros no

qual ocorrem rochas calcárias, adveio a captura cárstica a partir da interceptação de condutos subterrâneos. Tal evento levou à inversão de parte da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Irecê. Ou seja, águas localizadas muito à jusante do ponto onde houve a interceptação fluvial e que por isso não deveriam ter sido capturadas, acabaram sendo incorporadas à bacia hidrográfica do rio Paraguai por processos subterrâneos que inverteram seus fluxos.

6. EXEMPLOS BRASILEIROS: OS PRINCIPAIS EVENTOS DE REORGANIZAÇÃO DE DRENAGEM DAS REGIÕES SUDESTE E CENTRO-OESTE

Embora de menor dimensão, na região Centro-Oeste do Brasil também foram identificados processos de reorganização de drenagem. Por exemplo: no Pantanal ocorreu um desvio através de avulsão fluvial, pois o antigo rio Aquidauana, que desaguava no rio Negro, desviou seu curso em períodos de grandes inundações pelo extravasamento de suas águas para a planície adjacente (Figura 8). Tal fenômeno configura-se como reorganização parcial, uma vez que em períodos de grandes inundações o fluxo d'água do paleo canal do rio Aquidauana na planície é reativado (SANTOS *et al.*, 2012). Falhas e fraturas condicionando o traçado dos canais e movimentações neotectônicas favoreceram a ocorrência do fenômeno (FACINCANI *et al.*, 2018).

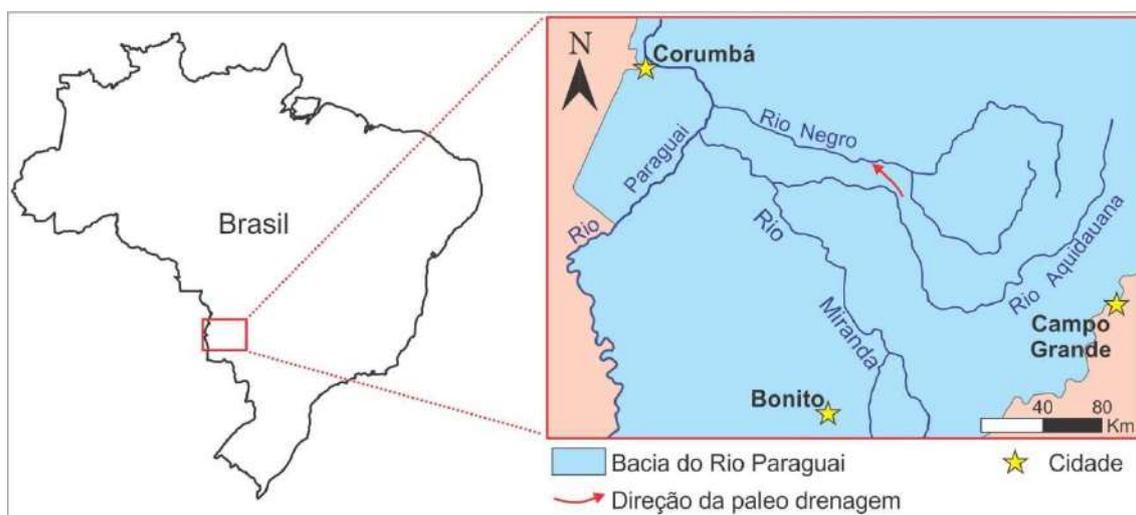


Figura 8: Localização da reorganização de drenagem no rio Aquidauana, Pantanal Mato-grossense.

Outras reorganizações ocorrem nos divisores hidrográficos das bacias dos rios Paraná, São Francisco e Araguaia/Tocantins. Cherem *et al.* (2014) e Salgado *et al.* (2018) reconheceram o avanço da bacia hidrográfica do rio São Francisco, na Depressão Sanfranciscana, sobre a bacia hidrográfica do rio Paraná, no Planalto Central (Figura 9). Por sua vez, Silva *et al.* (2019) identificaram o avanço da bacia hidrográfica do rio Tocantins, na Depressão do Paraná, sobre a bacia hidrográfica do rio São Francisco, nos Patamares da Serra Geral de Goiás/São Francisco (Figura 9). Nestes casos, a diferença de nível de base entre depressões e planaltos foi responsável pela maior agressividade dos

curtos fluviais piratas e permitiram a regressão erosiva das cabeceiras de drenagem dos rios voltados para as áreas deprimidas e a consequente ocorrência das capturas fluviais.

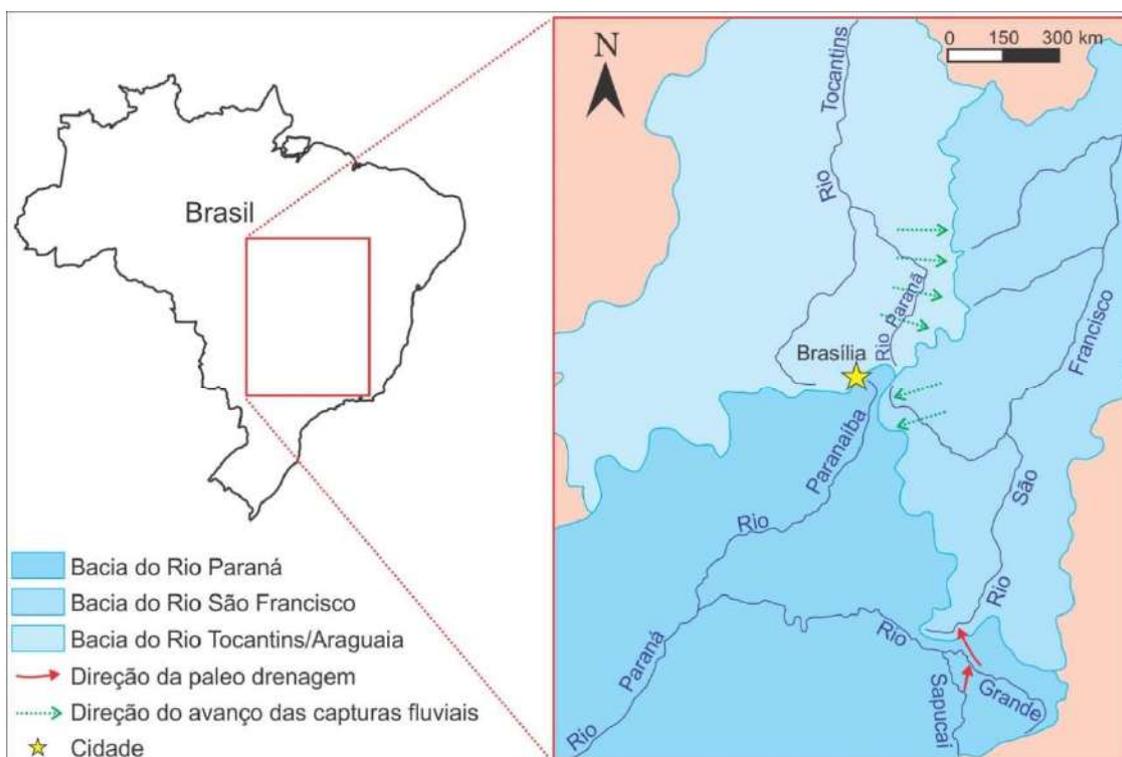


Figura 9: Localização dos mais expressivos processos de reorganização de drenagem entre os rios Tocantins, Paraná e São Francisco.

Por fim, na bacia hidrográfica do rio Paraná, chama a atenção o fato de o rio Grande, seu principal formador, extrapolar largamente os limites da bacia sedimentar homônima e adentrar os terrenos cristalinos situados a leste. Os demais principais afluentes ficam majoritariamente restritos à bacia sedimentar, embora as cabeceiras de alguns deles atinjam o Escudo Atlântico. Nesse contexto, Rezende *et al.* (2018) apresentam evidências de que o alto curso do rio Grande se encontrava previamente direcionado para norte, rumo à bacia do rio São Francisco, antes de ser incorporado por captura fluvial à bacia do rio Paraná (Figura 9). Uma das principais feições indicativas dessa reorganização da drenagem é um baixo divisor anômalo situado na região oeste de Minas Gerais, pouco ao norte da cidade de Pimenta. Essa feição seria um registro do paleovale que conectava as duas bacias atualmente separadas. O divisor atinge cotas abaixo de 800 m nesse trecho anômalo, enquanto em áreas serranas adjacentes o limite entre as bacias supera 1100 m de altitude. Além de baixo, esse interflúvio é praticamente imperceptível na paisagem (Figura 10 A) e nas suas proximidades, do lado do São Francisco, em cabeceiras de drenagem de primeira ordem, pode ser encontrado um grande depósito de seixos sub-arredondados e sub-angulosos (Figura 10 B) de elevada dimensão que recobrem aproximadamente um hectare de superfície. Este registro sedimentar não está mais relacionado aos processos atuais e parece ter sido depositado por um antigo

grande canal fluvial. Ocorre ainda na mesma região um notável cotovelo de drenagem onde a direção geral do rio Grande sofre uma brusca mudança de SSE-NNW para E-W. Tal mudança situa-se no ponto em que o rio cruza os quartzitos da Serra da Pimenta (MG), em uma típica drenagem transversal que torna ainda mais peculiar o quadro geomorfológico regional.

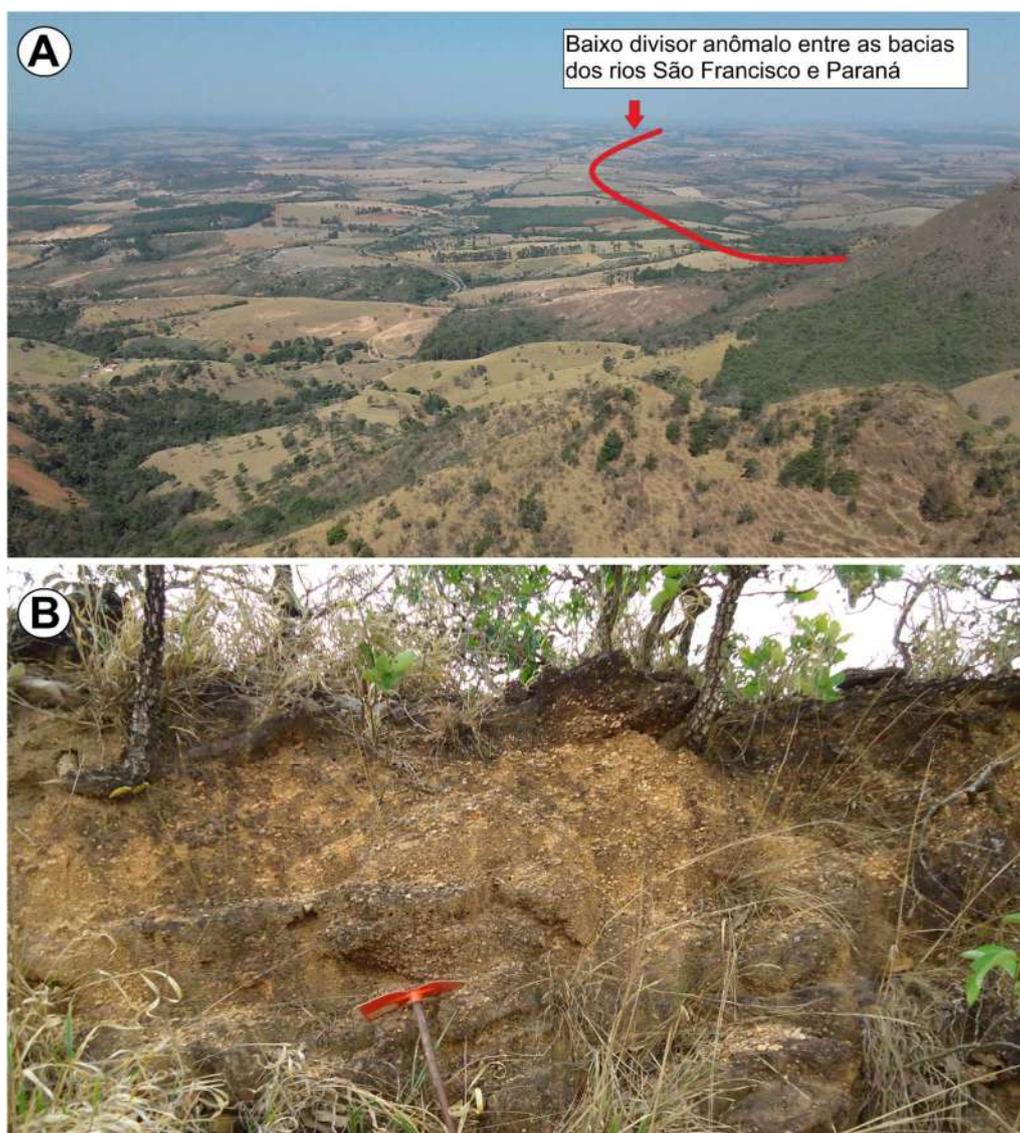


Figura 10: (A) Baixo divisor anômalo entre as bacias hidrográficas dos rios Paraná e São Francisco; (B) Depósito sedimentar localizado no interflúvio Paraná/São Francisco no local do cotovelo de drenagem.

De acordo com Rezende *et al.* (2018), o divisor ancestral entre as bacias hidrográficas do Paraná e do São Francisco coincidia regionalmente com o eixo soerguido NNW-SSE correspondente a intrusões alcalinas Neocretáceas que ocorrem a NE da bacia sedimentar do Paraná. No Mioceno Médio um soerguimento generalizado teria levado ao rompimento do antigo divisor hidrográfico ocasionando a captura fluvial e a superimposição da drenagem e a abertura de depressões periféricas a partir das quais se

deu o recuo erosivo dos afluentes do rio Paraná. É digno de nota o fato de essa reorganização ter gerado a transferência de uma área de drenagem de dimensões consideráveis – na ordem de dezenas de milhares de km² - já que abarca quase todo o sul de Minas Gerais (Figura 9).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Processos de reorganização da drenagem permitem melhor compreender a morfogênese do nosso território e a distribuição da fauna aquática das águas doces da América do Sul. Eventos de pequena dimensão, embora sejam mais recorrentes e tenham sido mais bem estudados, não são os únicos descritos no Brasil. Foram também relativamente comuns grandes rearranjos de drenagem e o estudo desses casos parece ser a grande contribuição que a geomorfologia brasileira pode trazer para o debate internacional do tema.

Eventos de menor magnitude são comuns nos escarpamentos de margem passiva da América do Sul, notadamente nas serras do Mar, da Mantiqueira e Geral de Santa Catarina. Estas regiões são geralmente caracterizadas por um relevo em degraus, onde as bacias hidrográficas que alcançam o oceano mais rapidamente drenam o patamar inferior e aquelas que perfazem um trajeto mais longo ocupam o patamar superior. O recuo desses escarpamentos é precedido por capturas fluviais que incorporam áreas das bacias hidrográficas que drenam o nível superior para aquelas que vertem para o nível inferior. Essas piratarrias fluviais, embora de pequena dimensão, são tão recorrentes que, ao longo do tempo geomorfológico, permitiram considerável expansão das bacias hidrográficas oceânicas em direção ao interior continental.

Em outras regiões do Brasil ressaltam-se os processos de rearranjo de drenagem de maior dimensão. Destacam-se os exemplos da Amazônia Setentrional e do rio São Francisco. Merece destaque também o rio Paraná que através do seu principal formador – rio Grande – apresenta fortes evidências de ter incorporado para sua bacia hidrográfica algumas dezenas de milhares de quilômetros quadrados que antes fluíam em direção ao rio São Francisco em um raro processo onde, entre dois dos cinquenta maiores cursos fluviais do mundo, a principal nascente de um se transformou na do outro.

Por fim, é possível concluir que o tema ainda necessita ser muito pesquisado no Brasil. De fato, há áreas imensas do território brasileiro que jamais foram investigadas no que toca aos processos de reorganização da drenagem e, embasado na alta relevância e grande ocorrência do fenômeno nas poucas regiões pesquisadas, existe um alto potencial para investigação científica.

Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, A. N. Megageomorfologia do território brasileiro. *In*: Cunha, S. B.; Guerra, A. (Orgs.). Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 71-106.

AB'SÁBER, A. N. O problema das conexões antigas e da separação da drenagem do Paraíba e Tietê. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 26, p. 38-49, 1957.

- ALBERT J. S.; REIS R. E. **Historical Biogeography of Fresh Waters**. Berkeley: UNIVERSITY of California Press, 2011. 388p.
- ALBERT, J. S.; VAL, P.; HOORN, C. The changing course of the Amazon River in the Neogene: center stage for Neotropical diversification. **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n. 3, e180033, 2018.
- BERRANGÉ, J. P. The Geomorphology of Southern Guyana with Special Reference to the Development of Planation Surfaces. *In*: CONFERÊNCIA GEOLÓGICA INTERGUIANAS, 1975, Belém. **Anais...** Belém: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1975. p. 804–824.
- BISHOP, P. Drainage rearrangement by RIVER capture, beheading and diversion. **Progress in Physical Geography**, v. 19, n. 4, p. 449-473, 1995. DOI: 10.1177/030913339501900402
- BISHOP, P. Long-term landscape EVOLUTION: Linking tectonics and surface processes. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 32, n. 3, p. 329–365, 2007. DOI: 10.1002/esp.1493
- CAMELIER, P.; MENEZES, N. A.; COSTA-SILVA, G. J.; OLIVEIRA, C.. Molecular and morphological data of the freshwater fish *Glandulocauda melanopleura* (Characiformes: CHARACIDAE) provide evidences of river captures and local differentiation in the Brazilian Atlantic Forest. **PLoS ONE**, v. 13, n. 3, p. e0194247, 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0194247
- CHEREM, L. F. S.; VARAJÃO, C. A. C.; BRAUCHER, R.; BOURLÈS, D.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, F. D. C. V. Long-term evolution of denudational escarpments in southeastern Brazil. **Geomorphology**, v. 173, p. 118-127, 2012. 118–127. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.06.002.
- CHEREM, L. F. S.; VARAJÃO, C. A. C.; BRAUCHER, R.; BOURLÈS, D.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, A. C. O papel das capturas fluviais na morfodinâmica das bordas interplanálticas do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, p. 299-308, 2013. DOI: 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**, Edição Especial, v. 10, n. 4, p. 86-91, 2014.
- CORDEIRO, C. M. **Evolução da rede de drenagem na Aacia do Alto Paraguaçu**: Capturas fluviais, drenagem transversa e pirataria de bacias. 2019. 162 f. Tese (Doutorado) – UFMG, Belo Horizonte, 2019.
- CREMON, E. H.; ROSSETTI, D. F.; SAWAKUCHI, A. O.; COHEN, M. C. L. The role of tectonics and climate in the late Quaternary evolution of a northern Amazonian River. **Geomorphology**, v. 271, p. 22-39, 2016. DOI: 10.1016/j.geomorph.2016.07.030
- FACINCANI, E. M.; DOURADO, G. F. A importância do controle estrutural e da neotectônica na gênese e evolução do Megaleque do Aquidauana. *In*: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 7, 2018, Jardim. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2018. P. 352-361.
- FIGUEIREDO, J. J. J. P.; HOORN, C.; VAN DER VEN, P.; SOARES, E. Late Miocene onset of the Amazon River and the Amazon deep-sea fan: Evidence from the Foz do Amazonas Basin. **Geology**, v. 37, n. 7, p. 619-622, 2009.
- GUERRA, A. T. **Estudo Geográfico do Território Federal de Roraima**. Rio de Janeiro:

- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1957. 252P.
- HOORN, C.; BOGOTÁ-A, G. R.; ROMERO-BAEZ, M.; LAMMERTSMA, E. I.; FLANTUA, S. G. A.; DANTAS, E. L.; DINO, R.; CARMO, D. A.; CHEMALE, F. The Amazon at sea: Onset and stages of the Amazon River from a marine record, with special reference to Neogene plant turnover in the drainage basin. **Global and Planetary Change**, v. 153, p. 51-65, 2017. DOI: 10.1016/J.GLOPLACHA.2017.02.005
- HOORN, C.; WESSELINGH, F. P.; TER STEEGE, H.; BERMUDEZ, M. A.; MORA, A.; SEVINK, J.; SANMARTÍN, I.; SANCHEZ-MESEGUER, A.; ANDERSON, C. L.; FIGUEIREDO, J. P.; JARAMILLO, C.; RIFF, D.; NEGRI, F. R.; HOOGHIEMSTRA, H.; LUNDBERG, J.; STADLER, T.; SÄRKINEN, T.; ANTONELLI, A. Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. **Science**, v. 330, n. 6006, p. 927-931, 2010. DOI: 10.1126/science.1194585
- KARNER, G. D; DRISCOLL, N. W. TECTONIC and stratigraphic development of the West African and eastern Brazilian Margins: insights from quantitative basin modelling. *In*: CAMERON, N. R.; BATE, R. H.; CLURE, V. S. (eds.) **The Oil and Gas Habitats of the South Atlantic**. Geological Society, London: Special Publications, 1999, v. 153, p. 11-40. DOI: 10.1144/GSL.SP.1999.153.01.02
- MARENT, B. R.; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C.; PAULA, E. V.; BARRETO, H. N.; VARAJAO, C. A. C. Importância da Denudação Diferencial nos Granitoides da Serra do Mar para a Evolução do Relevo da Região da Baía de Antonina - PR, Brasil. **Geosul**, v. 33, n. 67, p. 200-213, 2018. DOI: 10.5007/2177-5230.2018V33N67P200
- Marent, B.R.; VALADÃO, R. C. CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS DA EVOLUÇÃO DA ESCARPA ENTRE AS BACIAS HIDROGRÁFICAS dos rios Doce e Paraíba do Sul, na Serra da Mantiqueira-MG-Brasil. **GEOUSP (USP)**, v. 23, p. 417-434, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2019.137398>
- MARQUES NETO, R.; PEREZ FILHO, A.; OLIVEIRA, T. A. Itatiaia Massif: morphogenesis of southeastern brazilian highlands. *In*: VIEIRA, B.; SALGADO, A. A. R. SANTOS, L. J. C. (ed.). **Landscapes and landforms of Brazil**. Dordrecht: Springer, 2015. p. 299-308.
- Mikesell, L. R.; Weissmann G. S.; KARACHEWSK, J. A. Stream capture and piracy recorded by provenance influvial fan strata. **Geomorphology**, v. 115, n. 3-4, p. 267-277, 2010. DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.04.025
- NASCIMENTO, F. 2020. O papel dos processos de reorganização de drenagem na morfogênese neógena da alta/média bacia hidrográfica do Rio Branco. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Tese de Doutorado.133p.
- Nascimento, F.; SALGADO, A. A. R.; GOMES, A. A. T. 2019. Evidências de rearranjos fluviais no interflúvio Amazonas-Essequibo-Amazônia setentrional. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 3, p. 664-671, 2019. DOI: 10.20502/rbg.v20i3.1520
- Oliveira D.D.; Queiroz NETO, J.P.D. Evolução do relevo na Serra do Mar no estado de São Paulo a partir de uma captura fluvial. **GEOUSP-Espaço e Tempo**, n. 22, p. 73-90, 2007. DOI: /10.11606/issn.2179-0892.geousp.2007.74067
- PAIXÃO R. W.; SALGADO A. A. 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, n. 1, p. 119-136, 2019. DOI: 10.20502/rbg.v20i1.1498

Pederson, D. T. Stream Piracy Revisited: A Groundwater-Sapping Solution. **GSA Today**, v.11, n. 9, p. 4–11, 2001.

PRINCE, P.S.; SPOTILA, J.A.; HENIKA, W.S. New physical evidence of the role of stream capture in active retreat of the Blue Ridge escarpment, southern Appalachians. **Geomorphology**, 123, p. 305-319, 2010.

REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R.; CASTRO, P. T. A. Evolução da rede de drenagem e evidências de antigas conexões entre as bacias dos rios Grande e São Francisco no sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 3, p. 483-501, 2018.

RIBEIRO, A. C. Tectonic history and the biogeography of the freshwater fishes from the coastal drainages of eastern Brazil: an example of faunal evolution associated with a divergent continental margin. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 2, p. 225–246, 2006. DOI: /10.1590/S1679-62252006000200009

RIBEIRO, A. C., RICCOMINI, C., LEITE, J. A. D. Origin of the largest South American transcontinental water divide. **Sci Rep**, v. 8, n. 1, p. 1-8 17144, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-35554-6

RICCOMINI, C.; GROHMANN, C. H.; SANT'ANNA, L. G.; HIRUMA, S. T. A captura das cabeceiras do Rio Tietê pelo Rio Paraíba do Sul. *In*: MODENESI-GAULTIERI, M. C.; BARTORELLI, A.; MANTESSO-NETO, V.; CARNEIRO, C. D. R.; LISBOA, M. B. A. L. (Org.). **A Obra de Aziz Nacib Ab'Sáber**. São Paulo: Beca, 2010. p. 157-169.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução geológica do rift continental do Sudeste do Brasil. *In*: MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C. D. R., BRITO-NEVES, B. B. **Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 383-405.

SALGADO, A. A. R., MARENT, B. R., CHEREM, L. F. S., BOURLES, D., SANTOS, L. J. C., BRAUCHER, R., BARRETO, H. N. Denudation and retreat of the Serra do Mar escarpment in southern Brazil derived from in situ-produced ¹⁰Be concentration in river sediment. **Earth Surface Process and Landforms**, v. 39, n. 3, p. 311-319, 2014. DOI: 10.1002/esp.3448

SALGADO, A. A. R.; CHEREM, L. F. S.; SORD, M. V. Grandes capturas fluviais no Brasil: síntese das novas descobertas. **Estudos do Quaternário**, n. 19, p. 23-31, 2018. DOI: 10.30893/eq.v0i19.176.

SALGADO, A. A. R.; REZENDE, E. A.; BOURLÈS D.; BRAUCHER R.; SILVA, J. R.; GARCIA R. A. 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: 10.1016/j.jsames.2016.02.002

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**, v. 13, n.2, p. 213-222, 2012.

SANTOS, R. M.; FACINCANI, E. M.; ARANTES, W. P.; NUNES, T. L.; QUIRINI, P. B. Rio Aquidauana antigo afluente do rio Negro: Quaternário do Pantanal Mato-grossense. *In*: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 4., 2012, Bonito. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2012. p. 478-485.

SCHAEFER, C. E.; DALRYMPLE. Pedogenesis and relict properties of soil with columnar structure from Roraima, North Amazonia. **Geoderma**, v. 71, n. 1-2, p. 1-17, 1996. DOI: 10.1016/0016-7061(95)00073-9

- SILVA, T. A.; SALGADO, A. A. R.; SOUZA, F. C. R. Morfogênese do Interflúvio Tocantins/São Francisco na Região do Rio Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 2, p. 273-285, 2019. DOI:10.20502/rbg.v20i2.1514
- 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**, v. 29, n. 2, p. 210-224, 2006.
- SOARES JÚNIOR, A. V.; HASUI Y.; BEMERGUY R. L. O Rio Amazonas. *In*: Hasui, Y.; Carneiro, C. D. R.; Almeida, F. F. M.; Bartorelli, A. (org.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 611-622.
- SORDI, M. V.; SALGADO, A. A. R.; PAISANI, J. C. Evolução do relevo em áreas de tríplice divisor de águas regional – o caso do planalto de Santa Catarina: uma análise morfoestrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 4, 2015.
- SORDI, M. V.; SALGADO, A. A. R.; SIAME, L.; BOURLÉS, D.; PAISANI, J. C.; LEANNI, L.; BRAUCHER, R.; COUTO, E. V. Implications of drainage rearrangement for passive margin escarpment evolution in southern Brazil. **Geomorphology**, v. 306. 155-169, 2018. DOI: 10.1016/j.geomorph.2018.01.007
- STOKES, M. F., GOLDBERG, S. L., TAYLOR PERRON, J. Ongoing River Capture in the Amazon. **Geophysical Research Letters**, v. 45, n. 11, p. 5545-5552, 2018. DOI: 10.1029/2018GL078129
- SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology**: an introduction of the study of landforms. Essex: Longman Scientific & Technical, 1991. 537p.
- VALADÃO, R. C. **Evolução de longo termo do relevo do Brasil Oriental: desnudação, superfícies de aplanamentos e soerguimentos crustais**. 1998. 243 p. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1998.
- VIEIRA, B. C.; GRAMANI, M. F. Serra do Mar: the most “tormented” relief in Brazil. *In*: VIEIRA, B.; SALGADO, A. A. R. SANTOS, L. J. C. (ed.). **Landscapes and landforms of Brazil**. Dordrecht: Springer, 2015. p. 285-297.
- WHIPPLE, K. X., FORTE, A. M., DIBIASE R. A. GASPARINI., N. M., OUIMET W. B. Timescales of landscape response to divide migration and drainage capture: Implications for the role of divide mobility in landscape evolution, **Journal Geophysical Research Earth Surface**, v. 22, p. 248–273, 2017. DOI:10.1002/2016JF003973.
- WILLETT, S. D.; MCCOY, S. W.; PERRON, J. T.; GOREN, L.; CHEN, C. Y. Dynamic reorganization of river basins. **Science**, v. 343, n. 6175, p. 1248765, 2014. DOI: 10.1126/science.1248765
- ZALÁN P. V.; OLIVEIRA J. A. B. Origem e evolução estrutural do Sistema de rifte Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 13, n. 2, p. 269–300, 2005.