A Relação Sociedade e Natureza em debate

teoria e práxis na recuperação de áreas degradadas

João Osvaldo Rodrigues Nunes • Jéssica de Sousa Baldassarini • Alessandro Donaire De Santana

CAPES unesp Appris editora

A RELAÇÃO SOCIEDADE E NATUREZA EM DEBATE

TEORIA E PRÁXIS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Editora Appris Ltda.
1.ª Edição - Copyright© 2025 dos autores
Direitos de Edição Reservados à Editora Appris Ltda.

Nenhuma parte desta obra poderá ser utilizada indevidamente, sem estar de acordo com a Lei nº 9.610/98. Se incorreções forem encontradas, serão de exclusiva responsabilidade de seus organizadores. Foi realizado o Depósito Legal na Fundação Biblioteca Nacional, de acordo com as Leis nºs 10.994, de 14/12/2004, e 12.192, de 14/01/2010.

Catalogação na Fonte
Elaborado por: Josefina A. S. Guedes
Bibliotecária CRB 9/870

R382r
2025

A relação sociedade e natureza em debate: teoria e práxis na recuperação de áreas degradadas [recurso eletrônico] / João Osvaldo Rodrigues Nunes, Jéssica de Sousa Baldassarini, Alessandro Donaire de Santana (orgs.). – 1. ed. – Curitiba: Appris, 2025.
1 arquivo digital: EPUB. – (Sustentabilidade, impacto e gestão ambiental).

Inclui bibliografia.
ISBN 978-65-250-8073-4
DOI 10.18366/9786525080734

1. Degradação ambiental. 2. Recuperação ecológica. 3. Sociedade.

4. Natureza. I. Nunes, João Osvaldo Rodrigues. II. Baldassarini, Jéssica de Sousa. III. Santana, Alessandro Donaire de. IV. Título. V. Série.

CDD – 363.7

Livro de acordo com a normalização técnica da ABNT

Appris editorial

Editora e Livraria Appris Ltda.
Av. Manoel Ribas, 2265 – Mercês
Curitiba/PR – CEP: 80810-002
Tel. (41) 3156 - 4731
www.editoraappris.com.br

Printed in Brazil
Impresso no Brasil

João Osvaldo Rodrigues Nunes
Jéssica de Sousa Baldassarini
Alessandro Donaire de Santana
(org.)

A RELAÇÃO SOCIEDADE E NATUREZA EM DEBATE

TEORIA E PRÁXIS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Appris editora

Curitiba, PR
2025

FICHA TÉCNICA

EDITORIAL	Augusto Coelho Sara C. de Andrade Coelho
COMITÊ EDITORIAL E CONSULTORIAS	Ana El Achkar (Universo/RJ) Andréa Barbosa Gouveia (UFPR) Antonio Evangelista de Souza Netto (PUC-SP) Belinda Cunha (UFPB) Délton Winter de Carvalho (FMP) Edson da Silva (UFVJM) Eliete Correia dos Santos (UEPB) Erineu Foerste (Ufes) Fabiano Santos (UERJ-IESP) Francinete Fernandes de Sousa (UEPB) Francisco Carlos Duarte (PUCPR) Francisco de Assis (Fiam-Faam-SP-Brasil) Gláucia Figueiredo (UNIPAMPA/ UDELAR) Jacques de Lima Ferreira (UNOESC) Jean Carlos Gonçalves (UFPR) José Wálter Nunes (UnB) Junia de Vilhena (PUC-RIO) Lucas Mesquita (UNILA) Márcia Gonçalves (Unitau) Maria Margarida de Andrade (Umack) Marilda A. Behrens (PUCPR) Marília Andrade Torales Campos (UFPR) Marli C. de Andrade Patrícia L. Torres (PUCPR) Paula Costa Mosca Macedo (UNIFESP) Ramon Blanco (UNILA) Roberta Ecleide Kelly (NEPE) Roque Ismael da Costa Güllich (UFFS) Sergio Gomes (UFRJ) Tiago Gagliano Pinto Alberto (PUCPR) Toni Reis (UP) Valdomiro de Oliveira (UFPR)
SUPERVISORA EDITORIAL	Renata C. Lopes
PRODUÇÃO EDITORIAL	Adrielli de Almeida
REVISÃO	Camila Dias Manoel
DIAGRAMAÇÃO	Jhonny Alves dos Reis
CAPA	Mariana Brito
IMAGEM DA CAPA	à esquerda, fotografia de voçoroca em área rural, no município de Regente Feijó/SP, de Leonardo Ferigato da Costa (2015); à direita, visualização adaptada do Google Earth © 2024 Google.
REVISÃO DE PROVA	Colméia Studios

COMITÊ CIENTÍFICO DA COLEÇÃO SUSTENTABILIDADE, IMPACTO, DIREITO E GESTÃO AMBIENTAL

DIREÇÃO CIENTÍFICA	**Belinda Cunha**	
CONSULTORES	Dr. José Renato Martins (Unimep)	Maria Cristina Basílio Crispim da Silva (UFPB)
	Dr. José Carlos de Oliveira (Unesp)	Iranice Gonçalves (Unipê)
	Fernando Joaquim Ferreira Maia (UFRPE)	Elisabete Maniglia (Unesp)
	Sérgio Augustin (UCS)	Prof. Dr. José Fernando Vidal de Souza (Uninove)
	Prof. Dr. Jorge Luís Mialhe (Unesp-Unimep)	Hertha Urquiza (UFPB)
	José Farias de Souza Filho (UFPB)	Talden Farias (UFPB)
	Zysman Neiman (Unifesp)	Caio César Torres Cavalcanti (FDUC)

INTERNACIONAIS
Edgardo Torres (Universidad Garcilaso de la Veja)
Ana Maria Antão Geraldes (Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança)
Maria Amélia Martins (Centro de Biologia Ambiental Universidade de Lisboa)
Dionisio Fernández de Gatta Sánchez (Facultad de Derecho. Universidad de Salamanca)
Alberto Lucarelli (Università degli Studi di Napoli Federico II)
Luiz Oosterbeek (Instituto Politécnico de Tomar)

PREFÁCIO

Vivenciamos um período histórico marcado por intensas contradições, envoltos numa hegemonia econômica e política que transforma tudo em mercadoria. Esse paradigma, centrado na acumulação de capital, provoca consequências ecológicas dramáticas.

Nas últimas décadas, assistimos a um agravamento preocupante da crise ambiental global. As degradações são alarmantes, manifestando-se em diversas formas: desmatamento acelerado, poluição atmosférica e hídrica, perda de biodiversidade e de solos, bem como em mudanças climáticas que ameaçam a estabilidade dos ecossistemas e a sobrevivência das futuras gerações. O próprio Banco Mundial, em relatório publicado no ano de 2023, advertiu que os cenários preocupantes promovidos pelas intencionalidades econômicas sobre a natureza podem trazer prejuízos anuais bilionários aos países, configurando, sobretudo, impactos às suas estruturas territoriais.

Esse contexto desafiante nos convoca a repensar profundamente os modelos de desenvolvimento e os vínculos que estabelecemos com o ambiente. É nesse âmbito que se colocam as proposições deste livro, *A relação sociedade e natureza em debate: teoria e práxis na recuperação de áreas degradadas*, movimentando conteúdos sobre práticas e teorias, fundamentando-se no contínuo trabalho com pesquisas e reflexões acadêmicas promovidas por diferentes intelectuais da área da Geografia. A busca é por apresentar possibilidades de relação com o mundo em caminhos divergentes aos hegemônicos, permitindo discernimentos sobre a questão ambiental que promovam a possibilidade de reconhecimento do espaço e da ação sobre ele.

Sua estruturação em aspectos "Teóricos", "Metodológicos" e "Práticos" nos ajuda a dimensionar, como um mecanismo didático para uma atuação geográfica, as formas de compreensão dos problemas abordados e como realizar, efetivamente, diferentes atos de transformação da realidade que nos cerca.

Esse prisma se alinha ao apontado por Bauman (2009, p. 165), quando o renomado sociólogo e filósofo enfatizou: "A ignorância produz a paralisia da vontade". Reconhecer fundamentos e práticas ambientais

transformadoras nos auxilia na criação de ideias e ânimos para sustentação da práxis, trazendo à tona a concepção de que justiça social e sustentabilidade ecológica caminham juntas.

De alguma forma, isso pode sinalizar certa utopia, contudo podemos observar esse "lugar que ainda não existe" como uma necessária trajetória, promovendo no cotidiano do trabalho científico o conselho deixado por Anthony Giddens (2010, p. 32-33):

> Temperem a política com uma pitada de pensamento utópico. Por quê? Porque, como quer que isso aconteça, estamos abrindo caminho para uma forma de sociedade que acabará sendo muito diferente desta em que hoje vivemos [...].

O sociólogo Wright (2020), em *Envisioning Real Utopias*, considera que diferentes exemplos de outros mundos possíveis são expressos nos cotidianos econômicos, sociais e políticos dos diferentes países, criando possibilidades de fortalecimento de práticas efetivamente democráticas e transformadoras. Entendimento também apresentado por Carlos W. Porto-Gonçalves (2015), quando, em sua obra *A globalização da natureza e a natureza da globalização*, nos aponta que as gerações futuras dependem de novas relações com a natureza.

Por esses aspectos, este rico material organizado pela pesquisadora Dra. Jéssica Baldassarini e os pesquisadores Dr. Alessandro de Santana e Dr. João Osvaldo R. Nunes explora as complexas interações entre sociedade e natureza na contemporaneidade, oferecendo uma análise crítica, apontando implicações ecológicas nos entremeios produtivos e as possibilidades de recuperações de áreas degradadas.

Espera-se que a leitura deste trabalho não apenas esclareça parte dos liames da crise ambiental, mas também inspire reflexões e realizações que contribuam para a construção de um futuro sem degradação e ambientalmente equilibrado.

Que possamos, juntos, encontrar caminhos que harmonizem nossas necessidades socioeconômicas com a preservação e o respeito ao nosso planeta.

João Vitor Gobis Verges
Desenvolve pós-doutorado no Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo.

Referências

BAUMAN, Z. **Vida Líquida**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

GIDDENS, A. **A política da mudança climática**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2015.

WRIGHT, E. O. **Envisioning real utopias**. New York, USA: Verso Books, 2020.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 11

POR UMA ABORDAGEM GEOGRÁFICA DAS EROSÕES: ANÁLISE COMPARATIVA DE TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM PROPRIEDADES RURAIS DO CENTRO-OESTE PAULISTA 13
Alessandro Donaire de Santana, Jéssica de Sousa Baldassarini

DEGRADAÇÃO DA NATUREZA: AGENTES E PROCESSOS; PRÁTICA OU PRÁXIS..... 38
Dirce Maria Antunes Suertegaray

A MULTIFUNCIONALIDADE COMO PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: UMA DISCUSSÃO TEÓRICA 54
Emanuela Sanches Moreira

EROSÃO E TRANSFORMAÇÕES EM CORPOS HÍDRICOS URBANOS DE DRACENA/SP: UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA..... 75
Gustavo Fávaro Lopes, Marco Antonio Saraiva da Silva, João Osvaldo Rodrigues Nunes

GEOGRAFIA DO CLIMA COMO CONSTRUÇÃO SOCIAL 99
João Lima Sant'Anna Neto

A DINÂMICA DA TRANSFORMAÇÃO DO OESTE PAULISTA REVELADA PELOS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS 115
Marcel Bordin Galvão Dias, Antonio Manoel dos Santos Oliveira, João Osvaldo Rodrigues Nunes

AREAIS NO PAMPA: RISCO AMBIENTAL PARA QUEM?..... 140
Roberto Verdum, Jean Carlo Gessi Caneppele, Lucimar de Fátima dos Santos Vieira,

Sidnei Luís Bohn Gass, Tania Cristina Gomes, Luís Alberto Pires da Silva

DISPERSÃO AÉREA DE SEMENTES NATIVAS COM USO DE ECOFOGUETES PARA FINS DE REGENERAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS DEGRADADAS DA CAATINGA 172
Renan Aversari Câmara, Bartolomeu Israel de Souza

ENTENDER PARA COMBATER: CONTRIBUIÇÃO TÉCNICA/ METODOLÓGICA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR PROCESSO EROSIVO LINEAR EM PEQUENA PROPRIEDADE RURAL DE RONDONÓPOLIS/MT **192**
Maria Adelvana da Silveira Lucena, Caio Augusto Marques dos Santos, Érika Cristina Nesta Silva

SOBREVOO DE DRONE E GEOTECNOLOGIAS: TÉCNICAS DE REPRESENTAÇÃO E ANÁLISE DA PAISAGEM **221**
Charlei Aparecido da Silva, Rafael Brugnolli Medeiros

CONTRIBUIÇÃO PROCEDIMENTAL PARA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR FORMAÇÃO DE TERRENOS E DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS: ANÁLISE MORFOLÓGICA E IMAGENS ORBITAIS..... **247**
Érika Cristina Nesta Silva, Francisco Sérgio Bernardes Ladeira, Caio Augusto Marques dos Santos

ESTUDO DE ALTERAÇÃO DO RELEVO NA PERSPECTIVA DO ANTROPOCENO E DOS TERRENOS TECNOGÊNCIOS EM ÁREA RURAL LOCALIZADA NA APA DO TIMBURI, PRESIDENTE PRUDENTE/SP **284**
Leonardo Cruz Mendes da Silva, João Osvaldo Rodrigues Nunes, Érika Cristina Nesta Silva

TÉCNICAS DE MAPEAMENTO DO RELEVO: ESTUDO DE CASO NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CEROULA, MATO GROSSO DO SUL..... **307**
Melina Fushimi, Viviane Capoane

CONTENÇÕES DE VOÇOROCAS EM AMBIENTE URBANO: O CASO DE MANAUS/AM **328**
Antonio Fábio Sabbá Gumarães Vieira, Armando Brito da Frota Filho, Deivison Carvalho Molinari

RECUPERAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS LINEARES E ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO: ESTUDO DE CASO DE UMA PROPRIEDADE RURAL LOCALIZADA NO DISTRITO DE AMADEU AMARAL, MUNICÍPIO DE MARÍLIA/SP..... **355**
Carolina Julian, João Osvaldo Rodrigues Nunes

IMPLICAÇÕES DECORRENTES DA INTER-RELAÇÃO RELEVO, OCUPAÇÃO, IMPACTOS NO AMBIENTE E COMO RECUPERAR UMA ÁREA DEGRADADA POR EROSÃO LINEAR: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA AREIA, ITUIUTABA/MG **374**
Leda Correia Pedro Miyazaki, Jonathan Fernando Costa Alves, Tatiane Dias Alves, Letícia Costa Paranaíba

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO EM UM PROCESSO EROSIVO LINEAR, NO MUNICÍPIO DE CAIABU/SP **397**
Marcos Vinícius de Souza, João Victor Arias, João Osvaldo Rodrigues Nunes

APLICAÇÃO DE TÉCNICA DE BIOENGENHARIA PARA CONTENÇÃO DE FOCO EROSIVO LINEAR EM UMA PROPRIEDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP **423**
Matheus Horácio do Carmo Pereira, Pedro Henrique Chicca Picciarelli

DIAGNÓSTICO DA EROSÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS COMO SUBSÍDIO À RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR MEIO DA BIOENGENHARIA DE SOLOS, ILHA DO MARANHÃO/MA **448**
José Fernando Rodrigues Bezerra, Gilberlene Serra Lisboa, Marly Silva de Morais, Antônio José Teixeira Guerra

POSFÁCIO **476**

AGRADECIMENTOS **478**

SOBRE OS AUTORES **479**

INTRODUÇÃO

As dinâmicas da natureza, que experimentam mudanças contínuas ao longo do tempo geológico, têm sofrido, notadamente nos últimos séculos da história humana, alterações responsáveis por provocar perturbações deletérias ao equilíbrio dinâmico que permite a própria manutenção da vida no planeta. Tais processos são resultado da forma como as sociedades passaram a se relacionar com a natureza, movidas, estruturalmente, pelo espírito capitalista de conquista, exploração intensiva e usurpação.

Esse *modus operandi* tem gerado processos de degradação ambiental que já se apresentam como irreversíveis, colocando em risco a própria sobrevivência da espécie humana e a configuração social como a conhecemos hoje. Acidificação dos oceanos, poluição por microplásticos, erosão dos solos, desertificação, deterioração acelerada dos ecossistemas e, evidentemente, mudanças climáticas são expressões desse cenário dramático, que exige não apenas debates necessários, mas também ações concretas de enfrentamento.

Nesse sentido, a ciência é chamada, em suas mais diferentes áreas, a refletir e a propor formas de mitigar os efeitos nefastos da interferência humana nas dinâmicas da natureza, tarefa nada singela, mas urgente diante dos desafios que ora se apresentam. Por isso, este livro foi concebido com o objetivo de dar visibilidade às pesquisas realizadas no âmbito da Geografia, das Geociências e áreas correlatas, trazendo para o debate as nuances e contradições da relação entre sociedade e natureza e, por conseguinte, os impactos ambientais e as ações de recuperação de áreas degradadas verificados em diferentes contextos geográficos brasileiros.

Buscamos, assim, compilar trabalhos produzidos por pesquisadores e pesquisadoras atuantes em diferentes domínios morfoclimáticos do Brasil, visando dar protagonismo à variedade paisagística de um país de dimensões continentais. As pesquisas trazem em seu âmago a busca incessante por refletir e compreender a contraditória relação entre sociedade e natureza, os impactos ambientais decorrentes desse processo e as estratégias de recuperação de áreas degradadas, condizentes com a maneira como as dinâmicas dessa relação se apresentam de forma vibrante em cada ambiente, em cada território.

Além da diversidade geográfica, as pesquisas presentes nesta obra também se debruçam sobre dimensões importantes sobre a temática.

Entre elas, os aspectos teóricos e conceituais que envolvem os estudos de degradação ambiental, que buscam trazer reflexões sobre como a sociedade concebe natureza, meio ambiente e degradação, de como as formas de apropriação social resultam de construções sociais imbuídas de interesses e estruturas culturais, econômicas e políticas, intencionalidades que permeiam a forma como a sociedade moderna capitalista estabelece sua relação com a natureza.

As dinâmicas da paisagem nas pesquisas sobre degradação ambiental também foram analisadas por meio de estudos focalizados nas contribuições metodológicas, por meio de técnicas e experimentações que contribuem para uma abordagem analítica. A complexidade das variáveis a serem analisadas demanda estudos que elucidem novas ferramentas, perspectivas e procedimentos capazes de possibilitar uma análise geográfica que subsidie tomadas de decisão e ações de intervenção.

Por fim, a obra também apresenta pesquisas que se materializaram em intervenções, por meio de trabalhos de campo e estudos de caso, que objetivaram a recuperação de áreas degradadas. Atuações que envolvem diferentes sujeitos sociais vinculados a estes espaços, que buscam promover transformações na paisagem pensadas com as pessoas que estão conectadas e que se inter-relacionam com a natureza degradada, que anseiam na recuperação da degradação uma melhoria nas condições de vida e trabalho.

Na atuação da Geografia nos estudos de degradação ambiental, fica evidente que a recuperação destas áreas também é um ato político, afinal as pessoas e comunidades são impactadas de formas diferentes pela degradação. Sabe-se que a ocupação mais íntima e direta dos espaços degradados na sociedade moderna capitalista tem raça, gênero e classe social. E sua recuperação não só simboliza como materializa ações de resistência que questionam como a lógica dominante de apropriação social da natureza é desigual, antinatural e anti-humanitária; e como reestabelecer formas mais sustentáveis abre possibilidades outras de existência, de existir.

Espera-se que esta obra seja uma contribuição válida, que elucide a relevância da temática nos estudos que se pretendem debruçar sobre aspectos do humano e da natureza, que subsidie os pesquisadores interessados em se embrenhar na missão de discutir, conhecer e serem propositivos em suas reflexões e práticas, apontando para a relevância da práxis na construção de transformações tão necessárias e urgentes. Aqui fica o desejo de uma boa trajetória a todos e todas!

POR UMA ABORDAGEM GEOGRÁFICA DAS EROSÕES: ANÁLISE COMPARATIVA DE TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM PROPRIEDADES RURAIS DO CENTRO-OESTE PAULISTA[1]

Alessandro Donaire de Santana
Jéssica de Sousa Baldassarini

Introdução

Desde tempos imemoriais a espécie humana transforma a natureza. A dominação do fogo, a sedentarização, a agricultura, as trocas culturais e o estabelecimento de sociedades marcadas pela complexificação de suas relações ocorreram a partir da mediação de características naturais específicas nas mais diversas regiões do planeta; daí a pluralidade de sociedades, formas, sentidos e valores de se relacionar com a natureza que cada uma construiu ao longo do tempo.

Mas é o advento e consolidação do capitalismo como sistema econômico hegemônico que estabelece novos parâmetros de relação entre sociedade e natureza, já que, estruturalmente, ele necessita extrair da natureza, de forma irracional e incessante, todos os recursos de que necessita para fazer mover as engrenagens da produção e do consumo de massas. Essa dinâmica deletéria tem provocado a intensificação da degradação ambiental em escalas nunca antes vistas na história da humanidade: erosão e depauperamento dos solos, assoreamento e poluição de cursos d'água, poluição atmosférica, desmatamento, perda da diversidade biológica, entre outras consequências danosas.

E, entre os problemas ambientais contemporâneos, relegado a uma posição marginal nos debates, está o da degradação dos solos por erosões. O solo é um recurso natural de grande relevância por ser um componente essencial dos ecossistemas e dos ciclos naturais, por sustentar a biodi-

[1] Publicado originalmente no *Caderno Prudentino de Geografia*, v. especial, n. 36, 2014; *Geografia*, Rio Claro, v. 41, n. 3, set./dez. 2016; *Ambientes: Revista de Geografia e Ecologia Política*, v. 1, n. 2, 2019; *Geoambinete On-Line*, n. 39, jan./abr. 2021; *Geoambinete On-Line*, n. 40, maio/ago. 2021.

versidade, por ser um regulador importante das mudanças climáticas e enquanto suporte da produção de alimentos e das atividades humanas.

Segundo relatório divulgado pela Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021), a intensificação da agricultura tem reflexo direto no aumento da degradação dos solos, que já afeta 34% das terras agrícolas. A erosão, o depauperamento (perda de nutrientes) e o aumento da salinidade dos solos, levando, por conseguinte, à perda de biodiversidade edáfica, são as principais consequências das ações humanas nos ambientes. Ainda segundo a FAO (2021), esse cenário compromete sobremaneira a expansão dos cultivos agrícolas, o que eleva o consumo de fertilizantes químicos, que, contraditoriamente, têm efeitos adversos expressivos na saúde do solo e contribui para a poluição da água doce.

O Brasil, em virtude de sua diversificada conformação climática, geológica, topográfica, da biota e das atividades humanas, apresenta várias classes de solos, bem como problemas associados à erosão (Guerra *et al.*, 2014). No estado de São Paulo, que viu sua cobertura vegetal original ser drasticamente reduzida ao longo do século XX, estima-se uma perda de mais de 200 milhões de toneladas de solos agricultáveis por ano (Zoccal, 2007), representando um avanço do quadro erosivo em todas as regiões. Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2015), foram identificadas 39 mil erosões rurais e 1.400 erosões urbanas no estado.

Já no Centro-Oeste Paulista e Oeste Paulista, os processos erosivos se intensificaram ao longo do século XX. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2020), especificamente pesquisadores da Embrapa Solos, produziu mapas detalhados das áreas mais suscetíveis e vulneráveis à erosão hídrica no Brasil, que estão disponíveis na plataforma tecnológica do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos no Brasil (PronaSolos). A situação das regiões supracitadas não é nada boa, já que a maior parte da região é classificada como de alta e muito alta suscetibilidade à erosão hídrica, segundo o mapa atualizado em novembro de 2020 (Embrapa, 2020).

Pode-se constatar, então, que as erosões são problemas ambientais que refletem a própria lógica predatória da dinâmica capitalista, que preconiza a exploração massiva dos recursos naturais para atender a um padrão de produção e consumo insustentáveis. Por isso, o presente capítulo tem por objetivo principal compreender as dinâmicas envolvidas

na evolução dos processos erosivos em propriedades rurais por meio de uma abordagem geográfica, ou seja, considerando como a relação entre sociedade e natureza se materializa no espaço geográfico por meio da apropriação social da natureza.

Para tanto, buscou-se refletir sobre a implementação das técnicas de bioengenharia e mecânicas na recuperação e/ou mitigação da erosão acelerada em pequenas propriedades rurais, visando promover o debate acerca do uso das referidas técnicas, suas potencialidades, limitações e como se inserem na lógica de produção do espaço geográfico no contexto do capitalismo. Os estudos realizados por Baldassarini (2016) e Santana (2017), em pequenas propriedades rurais localizadas nos municípios de Getulina, Vera Cruz e Regente Feijó, no Centro-Oeste Paulista e Oeste Paulista, serviram de base para as discussões.

Metodologia

Esta pesquisa resulta da compilação dos estudos feitos pelos autores do capítulo durante o mestrado (Baldassarini, 2016; Santana, 2017) e o doutorado (Baldassarini, 2021) e que também já foram discutidos em artigos científicos (Baldassarini; Nunes, 2014, 2016; Santana, 2019; Santana; Nunes, 2021a, 2021b). Porém, aqui se pretendeu fazer um esforço de agregação e síntese das pesquisas já desenvolvidas nas propriedades rurais dos municípios de Getulina, Vera Cruz e Regente Feijó, localizadas no Centro-Oeste e Oeste Paulista, buscando suas convergências, principalmente no que tange aos aspectos relacionados à implementação da técnica mecânica e de paliçadas (bioengenharia) para o controle de processos erosivos lineares no espaço rural.

Diante disso, o tema do avanço das erosões nas pequenas propriedades rurais supracitadas foi contextualizado com a própria dinâmica capitalista e seu modo predatório de apropriação da natureza e, nesse contexto, como se desenvolvem as estratégias de mitigação do quadro erosivo por meio das técnicas de bioengenharia e mecânicas, bem como as diferenças estruturantes de ambas as técnicas e como são utilizadas de acordo com as possibilidades de "escolhas" que estão postas no cotidiano do trabalho em pequenas propriedades rurais.

As aspas da palavra "escolhas" resultam da imposição a que estão submetidos, principalmente, os pequenos proprietários rurais na lida

com a terra. Eles são levados a adotar não a estratégia mais adequada de recuperação das erosões na propriedade, mas aquelas possíveis e/ou impostas como as únicas viáveis e eficazes. Ou, ainda, à não adoção de nenhuma técnica, seja por contingências de ordem econômica ou pelo desconhecimento de alternativas de baixo custo.

Assim, a pesquisa tem uma concepção analítica e explicativa, já que visa à compreensão as diversas facetas do objeto de pesquisa. Segundo Severino (2013), a pesquisa explicativa tem por objetivo determinar as causas dos fenômenos pesquisados, para além do seu registro e análise. Nessa perspectiva, Gil (2002) afirma que a pesquisa explicativa vai fundo na investigação da realidade para melhor compreendê-la.

Nesse sentido, buscou-se, a partir da bibliografia já utilizada nos trabalhos discriminados no primeiro parágrafo e de novas fontes consultadas, amadurecer as discussões, principalmente no que se refere ao uso das técnicas de recuperação de áreas degradadas por erosões lineares e sua inserção na dinâmica capitalista, considerando o imediatismo que permeia esse modo de produção também na mitigação de seus impactos negativos à medida que estrutura as relações socioeconômicas no espaço geográfico.

Natureza, sociedade e capitalismo: forças antagônicas na produção do espaço geográfico

À medida que ocorre a intensificação da interferência humana na natureza, esta deixa de potencializar a vida para ser totalmente subjugada pelas forças sociais. Para Mosé (2018), se o valor da vida foi o impulso do processo civilizatório, é o distanciamento da vida e, consequentemente, da natureza que caracteriza o seu fim, já que a busca por uma interação com a vida é substituída por uma civilização especializada em ideias, ficções e ilusões constituídas por intermédio da razão. A Revolução Industrial bem como a hegemonia do capitalismo como sistema econômico impulsionaram e consolidaram esse processo.

Nessa perspectiva, o antagonismo entre sociedade e natureza ocorre, principalmente, pois o capitalismo apartou a primeira da segunda, visando submetê-la às suas imperiosas necessidades de acumulação e para perpetuar o modo de produção e torná-lo hegemônico. Para tanto, disseminou os valores individualista e consumista e enraizou-os nos corações e

mentes da maior parte da humanidade. O resultado disso é a degradação ambiental, que se intensifica de forma acelerada e dramática, colocando em risco a própria manutenção da vida no planeta.

Diante disso, Boulding (1966) apontava, já em meados do século XX, a incompatibilidade de um crescimento econômico infinito em um planeta finito, a chamada "economia do cowboy", pensamento que vai ao encontro dos pressupostos defendidos por Hardin (1968), que evidencia a gravidade da questão ambiental, tendo em vista que os interesses imediatistas e individualistas das sociedades se chocam com o bem coletivo, a sustentabilidade ambiental e, portanto, comprometem os direitos das gerações futuras, produzindo a "tragédia dos comuns". Esta lógica é incompatível com o sistema terrestre, haja vista que tudo está conectado e os impactos gerados em determinado lugar podem interferir em outras escalas (Commoner, 1971).

Diante do exposto, a geografia tem um papel central na compreensão das dinâmicas contraditórias que se processam entre a sociedade e a natureza. Isso porque o espaço geográfico é resultado das ações humanas, moldado ao longo do tempo de acordo com suas necessidades de reprodução enquanto espécie. "Não haveria relações sociais se não houvesse a necessidade de os homens transformarem o meio natural em meio de subsistência ou de a este chegarem por meio do trabalho" (Moreira, 2008, p. 65).

Nesse sentido, é importante compreender que os elementos naturais que constituem o espaço geográfico, tais como "relevo, clima, solo, vegetação, etc., são transformados e modificados pelo jogo de interesses públicos e privados que constroem, destroem e reconstroem novos espaços sociais" (Nunes *et al.*, 2006, p. 127). O espaço geográfico é formado pela materialidade, que são os equipamentos construídos pelas sociedades do passado e do presente, e pelas relações sociais, mediadas por diferentes "formas políticas, econômicas, culturais e ambientais que a sociedade manifesta concretamente, principalmente na escala geográfica local" (Nunes *et al.*, 2006, p. 127).

Por isso, Santos (1985, 2002) afirma que é necessário estudar as interações entre os elementos naturais e sociais para compreender o espaço e a sociedade e, para além disso, considerar que o espaço geográfico é formado por um sistema de objetos e um sistema de ações carregados de intencionalidades.

Diante disso, não é possível analisar as dinâmicas que ocorrem em um recorte espacial sem lançar um olhar mais amplo e refinado sobre todas as dinâmicas que ali se processam, que imprimem um ritmo próprio, vibrante, mediado por diferentes escalas temporais e espaciais. Nesse contexto, a degradação ambiental deve ser pensada e discutida levando-se em consideração a força do modo de produção capitalista, uma vez que as relações humanas contemporâneas, e o modo como transformam o meio, são permeadas por essa lógica econômica hegemônica.

Assim, na análise geográfica deve ser considerada a influência de arranjos externos ao espaço geográfico, ou seja, as dinâmicas que se processam em um dado espaço não se limitam a ele, ainda mais quando se refere a um mundo cada vez mais globalizado, articulado e interdependente, onde as ações e decisões externas possuem um poder de influência mundial. Nesse sentido, Santos (1988, p. 58) expõe que: "a produção de um fato desencadeia um processo bem mais abrangente, que insere o fenômeno em contextos cada vez mais amplos".

Como exemplo dessa relação indissociável do global e do local, tem-se o processo de ocupação do interior paulista, a interiorização das estradas de ferro, o estabelecimento de núcleos urbanos, bem como a exploração desenfreada dos recursos naturais, em especial do solo. Processos esses que foram influenciados por demandas do mercado internacional, intermediadas por agentes como o Estado, os grandes fazendeiros produtores de café etc.

O que se teve, no interior paulista, de forma geral, foi o desmatamento enquanto condicionante da efetivação da apropriação da terra e como recurso de exploração diante das demandas da economia nacional e também internacional. Houve, portanto, a ocupação de um espaço, até então eminentemente natural e ocupado por povos indígenas, visando ao atendimento de interesses econômicos, o que deflagrou uma degradação ambiental em prol das demandas do "país". A própria delimitação das terras se dava por meio da derrubada da cobertura vegetal e o estabelecimento dos cafezais, mesmo que os "donos" delas estivessem a centenas de quilômetros de distância.

Por isso, a exploração do solo no interior paulista foi marcada pela ausência de técnicas conservacionistas ou de um manejo consciente desse solo; aliás, esse era o mesmo *modus operandi* adotado em todas as regiões brasileiras, considerando um contexto de incorporação de novas áreas

produtivas a qualquer preço. Foi o imediatismo que ditou as regras. Como resultado, houve a eliminação de horizontes superficiais dos solos, erosão linear acelerada, assoreamento de cursos d'água, declínio do rendimento das atividades agrícolas, substituição das culturas por pastagem extensiva etc. (Bezerra *et al.*, 2009).

Todas essas dinâmicas processadas pela intervenção social sobre o espaço natural demonstram o potencial transformador do homem e os consequentes riscos do uso dos recursos naturais de forma predatória, inconsciente e inconsequente. Os impactos ambientais provocados pelas erosões são exemplos disso, e a reflexão sobre as formas de controle das erosões no espaço rural permite a compreensão de como tais fenômenos refletem o *modus operandi* do capitalismo na produção do espaço geográfico.

Desigualdade de acesso às técnicas no meio rural sob a influência do capitalismo

A transformação do espaço geográfico, por meio de sua apropriação social ocorre pela técnica e sua relação, cada vez mais acelerada, com a produção de ciência e tecnologia. Nesse sentido, Santos (2002) a expõe como a principal forma de relação entre a sociedade e a natureza, entre o homem e o meio, já que são entendidas "como um conjunto de meios instrumentais e sociais, com os quais o homem realiza sua vida, produz e, ao mesmo tempo, cria espaço" (Santos, 2002, p. 29).

A técnica não se dá, como expresso pelo autor, como uma simples integração do meio técnico ao meio natural, mas resultaria na produção de outra coisa, de um meio misto (técnico e geográfico ao mesmo tempo), que Santos vai identificar, historicamente, como: "um meio que viveu milênios como meio natural ou pré-técnico, um meio ao qual se chamou de meio técnico ou maquínico durante dois a três séculos, e que hoje estamos propondo considerar como meio técnico-científico-informacional". Para Santos, é como: "se buscasse renovar a oposição entre um meio natural e um meio técnico, com a recusa em ver a técnica integrada ao meio como uma realidade unitária" (Santos, 2002, p. 41-42).

Toda técnica tem uma intenção, assim como a escolha de sua aplicação. Todas elas possuem limitações e possibilidades de uso, influenciadas por diferentes aspectos, sejam eles socioeconômicos, políticos, geográficos, entre outros. Assim, procurou-se identificar, por meio da análise

da aplicação de técnicas de bioengenharia e mecânicas na recuperação de erosões em propriedades rurais pesquisadas pelos autores durante o mestrado, como diferentes aspectos influenciam a tomada de decisão sobre quais técnicas de recuperação utilizar.

Essa reflexão se faz plausível, já que, desde o desencadeamento da erosão acelerada, da produção de técnicas de recuperação até a sua aplicação, o processo é desigual. As formas de se apropriar da natureza, as possibilidades de uso e manejo do solo, os saberes e as práticas agrícolas difundidas e suas temporalidades, o tipo de solo manejado, o acesso aos recursos financeiros necessários (ou a ausência dele), as formas de recuperação e/ou conservação do ambiente, assim como o acesso ou não a determinados pacotes tecnológicos ou técnicas, influenciam os sujeitos sociais envolvidos na produção agrícola, bem como as suas "escolhas".

Segundo o relatório da FAO (2021), cerca de 77% das pequenas propriedades rurais estão localizadas em países de baixa ou média renda e em regiões de escassez de água ou solos em condições desfavoráveis a produção. As maiores disparidades estão justamente entre as grandes e pequenas propriedades da América Latina e Caribe, Sul da Ásia e África Subsaariana. São situações de restrição importante ao acesso a recursos fundamentais para a agricultura e subsistência e que impactam diretamente o aprofundamento das desigualdades.

Na agricultura capitalista, a desigualdade de acesso à técnica e ao seu conhecimento é um fator determinante, pois essa atividade é impactada diretamente pelos fenômenos naturais e suas mais ligeiras alterações ou oscilações. A grande diferença entre estar mais vulnerável a esses fenômenos ou não é também uma questão de custo financeiro e, portanto, operacional.

Os produtores rurais não estão sujeitos da mesma forma ou na mesma intensidade aos ditames da natureza; alguns possuem a possibilidade de empregar técnicas e conhecimentos que permitam uma maior capacidade de enfrentamento aos eventos naturais, enquanto outros, que não possuem condições de usufruir do conhecimento e das técnicas que, por vezes, estão privatizadas, permanecem vulneráveis. Este fator é abordado por Guerra (1994, p. 17-18), quando ele expõe que:

> 1. Os produtores rurais na maioria das vezes, são ignorados tanto pelo Estado, quanto pela iniciativa privada, do que resulta uma falta de vontade política para o investimento em

> pesquisa, assistência técnica e aplicação de créditos rurais, nestas áreas marginais; 2. Mesmo quando há avanços tecnológicos, capazes de solucionar o problema da erosão dos solos, esses pequenos proprietários não têm acesso a tais avanços, ficando, portanto, tão marginalizados quanto os próprios espaços sócio-econômicos onde vivem. As desigualdades que existem, em relação ao acesso às oportunidades tecnológicas e econômicas adequadas, entre a maioria da população afetada pela erosão, e os grupos poderosos são, ao mesmo tempo, causa e consequência da erosão dos solos.

A despeito da criação de políticas públicas nas últimas décadas, o cenário de desigualdades permanece. Não se deve esquecer que toda a dinâmica de produção agrícola baseada no produtivismo se insere em uma estrutura de intencionalidades maior, intrínseca à produção capitalista, que fomenta justamente a maximização da produção agrícola, associada com os pacotes tecnológicos privatizados, exportação de commodities etc., em detrimento do desenvolvimento e, principalmente, disseminação de medidas de manejo e conservação dos recursos naturais.

Tem-se, portanto, uma questão de falta de informação — já que o conhecimento é produzido, porém não disseminado para todos, transformando-se em mercadoria, algo privado —, como também de incentivos que favoreçam justamente a democratização do uso de técnicas de conservação de solo e de recuperação das áreas já degradadas, evitando danos maiores.

Para Guerra (1994), no que tange à conservação de solos, é necessário fazer uma distinção entre técnicas de conservação, programas e políticas. As técnicas de conservação seriam os métodos diretos de reduzir ou prevenir as erosões. Já os programas e as políticas definem a implementação dessas técnicas. Essa distinção é relevante, já que muitos fatores interferem na eficácia ou não de uma política de conservação, como o embasamento ideológico dos políticos, dos administradores e daqueles que as implementam. É neste sentido que o autor afirma que "a ação política estará na razão direta desta ideologia" (Guerra 1994, p. 18).

> [...] os fatores sociais são importantes na compreensão dos problemas das políticas conservacionistas, porém, os pressupostos e as preocupações sociais que identificam os produtores rurais e aqueles que colocam em ação estas políticas, não são, necessariamente, coincidentes (Guerra, 1994, p. 18).

Dito isso, é fundamental considerar que o Estado, em suas diferentes esferas de poder, e tratando especificamente do caso brasileiro, foi o responsável, no passado, notadamente na fase de expansão da ocupação dos espaços ainda desconhecidos do território, por incentivar o desmatamento e a incorporação de novas áreas ao sistema de produção que demandava, de forma crescente, matérias-primas e gêneros agrícolas. As frentes pioneiras que ocuparam o Centro-Oeste Paulista e outras regiões brasileiras são um bom exemplo, sempre na esteira da degradação ambiental.

Nesse contexto, é importante considerar a história de ocupação dessas regiões paulistas para apreender os fatores de surgimento e avanço da erosão acelerada. Isso porque as primeiras frentes de ocupação dos não indígenas se iniciaram em meados do século XIX, provocando o assassinato e a migração forçada dos povos originários, a devastação da cobertura vegetal original, a intensa grilagem de terras e a procura por solos virgens para o cultivo do café (Abreu, 1972).

São essas as circunstâncias de formação dos municípios do Centro-Oeste Paulista; e, após o ciclo do café, outras atividades agropecuárias se sucederam, ao sabor das demandas dos mercados nacional e internacional, como o algodão, o amendoim, a criação de gado de corte e leiteiro e a cana-de-açúcar. Logo, as características pedoclimáticas, topográficas e de uso e ocupação da terra favoreceram a instalação dos processos erosivos.

Nas propriedades rurais estudadas em Regente Feijó, Getulina e Vera Cruz, algumas dessas atividades foram desenvolvidas de forma incompatível com suas características topográficas. Atualmente, as pastagens degradadas recobrem o relevo das propriedades, favorecendo o escoamento superficial e, por conseguinte, a ocorrência das erosões e o assoreamento de rios e córregos. Em Vera Cruz, o café permanece como importante força motriz da economia e também contribui para a instalação de erosões lineares no campo. Já os remanescentes de mata ciliar ficaram circunscritos aos fundos de vale das propriedades rurais.

Nesse sentido, fica evidente que o caráter predatório da agropecuária brasileira agrava o quadro de degradação ambiental. Casseti (1991) afirma que a terra sempre foi utilizada de maneira a maximizar sua capacidade de produção, sem considerar sua fragilidade potencial. Essa forma de exploração "se faz em detrimento da potencialidade, limitando o período de exploração, uma vez que a renovação do recurso implica, muitas vezes, uma relação de tempo geológico 'incompatível' com os anseios do sistema" (Casseti, 1991, p. 79).

Ocorre, então, a contradição entre o tempo acelerado da sociedade e o tempo lento da natureza, o que acentua a degradação por erosões em todas as regiões brasileiras (Bertoni; Lombardi Neto, 1999). As práticas agropecuárias, portanto, foram pautadas pela maximização da produção, em detrimento da proteção dos solos, processo que, em sua essência, continua o mesmo.

Isso porque, atualmente, a lógica neoliberal permanece reproduzindo as ações de degradação, com o avanço das fronteiras agrícolas, a reprimarização da economia brasileira, o fortalecimento (inclusive financeiro) da produção de commodities para o mercado externo, perpetutando, como defendido por vários estudiosos, a degradação da natureza, o etnocídio, o ecocídio e o neoextrativismo (Acosta, 2016; Lang, 2016; Porto-Gonçalves, 2017).

Ou seja, as lógicas de exploração da natureza e do trabalho, fundamentos da acumulação do capital e da globalização da exploração, permanecem tangenciando as ações políticas e econômicas, inserindo os produtores rurais nessa lógica dominante de se relacionar e de produzir da/na terra. Aqueles que não se adequam ao modelo difundido sofrem grandes chances de ser expulsos, expurgados, encurralados pelo mercado. Permanecer nas propriedades rurais, em especial nas pequenas, passa a ser cada dia mais uma forma de resistência e, portanto, encontrar alternativas para lidar com os problemas causados pelas erosões lineares é imperativo.

As técnicas de recuperação de áreas degradadas no contexto do capitalismo: reflexões sobre as ações de enfrentamento e controle de erosões no espaço rural

Os estudos desenvolvidos no mestrado por Baldassarini (2016) e Santana (2017) buscaram compreender os arranjos espaciais de propriedades rurais localizadas em três municípios do Centro-Oeste Paulista, Getulina, Vera Cruz e Regente Feijó, identificando os fatores naturais e socioeconômicos relevantes no desencadeamento de processos erosivos nas propriedades.

Assim, a avanço das erosões nas propriedades rurais localizadas nos municípios supracitados exigia a adoção de medidas de recuperação e/ou mitigação do quadro de degradação. Daí surgiu a oportunidade de parceria entre a pesquisadora e o pesquisador, autores deste trabalho, e os pequenos proprietários rurais de três propriedades rurais localizadas cada uma em um município.

As técnicas de recuperação de áreas degradadas empregadas foram aquelas chamadas de mecânica e as de bioengenharia. Ambas buscam conter o processo erosivo, porém com formas de aplicação e materiais distintos, assim como demandando esforços diferentes. Porém, é importante destacar que ambas foram eficazes no controle das erosões nas propriedades rurais.

A técnica de bioengenharia utilizada em campo foi de paliçadas de bambus, uma adaptação de uma metodologia criada pela Embrapa, que consiste na construção de barramentos de bambus (e/ou outros materiais) e de sacarias preenchidas com solo. A técnica é interessante para os agricultores familiares, pois apresenta baixo custo e relativa facilidade de implantação, além de se mostrar eficaz no controle dos processos erosivos.

Como exposto por Capeche *et al.* (2008), as paliçadas de bambus objetivam tanto a contenção das paredes da erosão como também a redução da velocidade de escoamento superficial, contribuindo para a retenção dos sedimentos transportados. Com o tempo, o acúmulo de sedimentos na parte frontal das barreiras pode promover o surgimento de vegetação no interior, funcionando como barreira natural.

Essa técnica foi aplicada justamente por ser de baixo custo, já que os materiais podem ser adquiridos em stands locais (Araújo, 2011). Este fator é relevante, já que, além da falta de informação de cunho mais específico de como aplicar técnicas de manejo, conservação ou mesmo de recuperação de áreas degradadas por erosão, muitos produtores rurais descapitalizados veem a aplicação dessas técnicas como algo financeiramente inalcançável. Em face deste cenário, a metodologia se apresenta como uma alternativa mais acessível.

Todos os produtores rurais desconheciam a bioengenharia, mas manifestaram concordância em implementar a técnica de paliçadas em suas propriedades, em áreas de rompimento de curvas de nível, pastagens degradadas (Regente Feijó e Getulina) ou nas ruas de café (Vera Cruz). Os barramentos foram montados em locais que apresentavam processos erosivos dos tipos sulcos e ravinas, que poderiam evoluir em extensão, caso as intervenções não fossem realizadas.

As paliçadas conseguiram estabilizar os processos erosivos nas propriedades rurais estudadas. A *Brachiaria decumbens*, gramínea exótica muito utilizada em pastagens no Brasil, se desenvolveu satisfatoriamente nas sacarias. O acúmulo de grande quantidade de sedimentos nos barramentos é outro indicativo de que a técnica cumpriu sua função.

No caso da propriedade rural de Regente Feijó, além da técnica de paliçadas para o controle de algumas ravinas, as articulações entre os pesquisadores que atuavam na área, os agricultores familiares, a Prefeitura Municipal e a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (Cati), órgão subordinado à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo, tornaram possível a recuperação de uma das voçorocas da propriedade rural, por meio da prática mecânica, já que os produtores rurais se queixavam de algumas voçorocas que haviam surgido e adquirido dimensões consideráveis na propriedade.

As práticas mecânicas demandam o uso de maquinários e necessitam de mais aporte financeiro, mas podem ser fundamentais naqueles terrenos mais declivosos para evitar as erosões, por meio da construção de terraços e bacias secas, que permitem maior infiltração das águas pluviais (Lepsch, 2010).

Com a prática mecânica, faz-se necessária a adoção das práticas edáfica e vegetativa. As práticas edáficas são aquelas que permitem manter ou melhorar a fertilidade dos solos, valendo-se da eliminação ou controle das queimadas, adubações e rotação de culturas. As práticas vegetativas aumentam a cobertura vegetal do solo, sendo destacados o reflorestamento, a formação e o manejo adequado de pastagens, cobertura do solo com palha etc. (Lepsch, 2010).

Nesse sentido, Drugowich *et al.* (2012, p. 15) apontam que é necessário

> [...] sempre um conjunto de práticas conservacionistas, planejadas em nível de áreas de contribuição, ao invés de se buscar soluções simplistas, como o terraceamento como prática isolada e restrito à área da propriedade.

É o que também apontam Bertoni e Lombardi Neto (1999), Lepsch (2010) e Salomão (1999), para os quais é fundamental o manejo da propriedade rural conjugando-se a adoção das práticas mecânicas, vegetativas e edáficas. Porém, é necessário reconhecer que tais estratégias não são nada fáceis de serem implementadas em pequenas propriedades rurais, em razão dos fatores já discutidos anteriormente.

Nesse sentido, enquanto as práticas mecânicas se utilizam de materiais industriais, com remoções ou mobilidades de materiais naturais em maior proporção, sendo, portanto, mais invasivas para o ambiente no qual são empregadas, as técnicas de bioengenharia buscam justamente reduzir esse impacto, utilizando-se, essencialmente, de materiais natu-

rais ou biodegradáveis, que conseguem ser incorporados de forma mais sustentável, buscando menores mobilizações ou remoções.

A questão temporal também é um diferencial entre as técnicas. Enquanto a mecânica pode "solucionar" o processo erosivo de forma mais ágil, a bioengenharia demanda mais tempo para estabilizar o processo erosivo, bem como um maior monitoramento e possíveis manutenções.

Por fim, o dispêndio de capital para a realização de ambas é outro aspecto importante. De forma geral, algumas técnicas de bioengenharia, em especial aquelas voltadas para erosões de menor porte, demandam menos recursos para a sua instalação, enquanto as técnicas mecânicas demandam mais equipamentos e materiais externos e mais caros, portanto impactando de forma importante a questão financeira. Parcerias entre instituições públicas ou privadas podem auxiliar na aplicação das técnicas, como a Cati, as Secretarias de Meio Ambiente ou mesmo as universidades, mas, diante do cenário, são atuações ainda pontuais que não garantem a sua democratização necessária perante o quadro de degradação das propriedades rurais.

Um exemplo de parceria foi aquele discutido aqui, em que um grupo de pesquisadores que estudam as erosões rurais realizou pesquisas nas áreas degradadas, indicando possíveis técnicas de recuperação de erosões, sempre em conjunto com os produtores rurais. De forma geral, foram indicadas as paliçadas como uma técnica de bioengenharia adequada à realidade enfrentada pelos pequenos produtores rurais, justamente por demandar menor dispêndio de capital para sua aplicação, atuando para estabilizar os processos erosivos de pequeno e médio porte.

Em Marília e Vera Cruz, as técnicas de bioengenharia garantiram a estabilização dos processos erosivos, porém com impactos diferentes. Enquanto em Vera Cruz se tratava de uma grande propriedade produtora de café, mecanizada e de larga produção, fiscalizada de forma mais indireta, em Getulina, configurava-se como uma pequena propriedade rural, conduzida de forma mais direta e diária pela família do agricultor que residia no local.

Ambas estavam próximas de centros urbanos importantes, principalmente Marília, e ficavam evidentes as comodidades e facilidades oferecidas pelo residir na cidade, especialmente para os filhos. Esse estreitamento de relações com o urbano, em concomitância com as dificuldades relatadas na realização da atividade agrícola, configura uma tendência das gerações

seguintes de se aproximarem do urbano e se afastarem do rural, processo que também foi identificado na família de produtores rurais que vive em Regente Feijó, na região de Presidente Prudente.

Será que o deslocamento para os centros urbanos, não apenas do produtor, mas também de sua família, e considerando que seus filhos serão criados em um ambiente predominantemente urbano em vez de rural, não promoveria um distanciamento em relação à identificação e ao sentimento de pertencimento e intimidade com o espaço rural? Esse distanciamento não seria um fator relevante quando se pensa no próprio processo de conservação desse espaço em prol de uma relação sustentável em todos os sentidos?

Por vezes, o pensamento da não continuidade da atividade agrícola ou mesmo as dificuldades variadas de continuar com as atividades do campo são fatores que favorecem a despreocupação com aspectos como a manutenção daquele espaço e seus recursos naturais. Neste sentido, gastos, por vezes considerados supérfluos, como a conservação e manutenção do solo são deixados de lado, enquanto outros, mais imediatamente relevantes para o aumento da produtividade agrícola e o retorno financeiro, se colocam como prioritários.

A grande necessidade atual de emprego dos maquinários agrícolas apresenta-se como um elemento que também interfere na adoção de medidas de conservação ou contenção de processos erosivos. No momento de implantação das técnicas de contenção de erosão na propriedade agrícola de Vera Cruz, uma das maiores produtoras de café do município, a grande preocupação do produtor era que ela se desse de forma a não comprometer o emprego do maquinário, principalmente no período de colheita do café.

Observa-se que há uma necessidade mais evidente de articulação entre a adoção das técnicas de contenção de erosões e as de manejo da atividade agrícola que permitam a maximização produtiva. Neste sentido, considerar a forma pela qual a ocupação desse espaço se dá e quais os processos, demandas e objetivos que interferiram ou interferem na ocupação e uso do espaço é essencial para compreender a complexidade de um processo de degradação por erosões.

O tamanho das propriedades rurais também se configura como um aspecto importante no dimensionamento do impacto das erosões na produção agrícola. De forma geral, observa-se que em áreas maiores seu impacto é reduzido, enquanto em propriedades menores a presença de uma única erosão pode comprometer em demasia as atividades ali desenvolvidas.

Assim, pensar em técnicas de recuperação voltadas para a realidade do pequeno produtor rural, em que cada pedaço de terra é indispensável para a sua reprodução social e econômica, é um aspecto importante que deve ser incorporado nas políticas públicas e/ou estratégias de ação. Isso ficou evidente nas propriedades rurais de Regente Feijó e Getulina, nas quais a aplicação das paliçadas foi, em parte, comprometida pela circulação do gado; isso porque a área de intervenção precisava ser isolada para um funcionamento mais eficiente da técnica, mas comprometer parte da terra era uma questão importante para os produtores rurais.

No caso de Regente Feijó, a parceria foi estendida para a Cati do município por meio da viabilização de um projeto de recuperação de áreas degradadas por grandes erosões com o uso de maquinários. Neste caso, a intervenção em uma das voçorocas da propriedade foi exitosa e "apagou" o registro da voçoroca da paisagem.

Mas por que não se efetivou a técnica de paliçadas nas voçorocas que tanto preocupavam os agricultores familiares de Regente Feijó? Primeiro, é preciso considerar aspectos de ordem prática nesse tipo de intervenção. O trabalho exige preparo físico, comprometimento do produtor rural em cercar parte da área, bem como a manutenção das paliçadas. Por isso, em processos erosivos maiores, o trabalho seria mais árduo e demandaria o esforço conjunto para a construção de vários barramentos ao longo do processo erosivo.

Diante disso, é compreensível que, embora consciente da contribuição da técnica de paliçadas, os agricultores quisessem buscar outras possibilidades de controle das erosões em sua propriedade. Afinal, já idosos e com problemas de saúde, fica mais difícil o trabalho que exige muito esforço físico; a técnica de paliçadas, embora de baixo custo e facilidade de implementação (facilidade no sentido de não exigir apoio técnico especializado), demanda grande esforço físico e capacidade de esperar maior intervalo temporal para a estabilização dos processos erosivos.

Assim, cabe outra questão: qual é a diferença estrutural entre a bioengenharia e a técnica mecânica? O tempo! É importante considerar a macroestrutura que sustenta o modo de vida no sistema capitalista. O sistema capitalista é marcado pela exploração massiva dos recursos naturais e, também, pela adoção de medidas "cirúrgicas" para solucionar e/ou minimizar os problemas que se constituem em impedimentos à sua reprodução; é o tempo acelerado do homem, que precisa tomar para si as rédeas de uma natureza indômita, cujo tempo não condiz com as imposições de um sistema insaciável.

Nessa lógica, as erosões são responsáveis não apenas pela perda de solos agricultáveis, mas, sobretudo, constituem-se em entraves que impossibilitam extrair o máximo de dividendos que a terra pode oferecer. É a contradição do sistema! A forma de exploração da natureza é a causa da degradação, mas o sistema exige que essas distorções sejam corrigidas para que a exploração se efetive de modo a auferir lucros incessantes.

Já em fins do século XIX, Élisée Reclus, em suas reflexões sobre a ação humana no meio, afirmava que "o homem quer hoje é adaptar a terra às suas necessidades e dela tomar posse completa para explorar suas imensas riquezas". Ainda segundo o pensamento de Reclus, "Compreende-se que os povos, atores e testemunhas de todas essas grandes empresas, deixem-se levar pela embriaguez do trabalho e que só pensem em moldar a terra à sua imagem" (Reclus, 2010, p. 71). Note-se que as palavras "adaptar", "explorar", "trabalho" e "moldar" expressam algumas das características estruturantes do sistema capitalista.

Nesse sentido, a lógica imediatista é incorporada culturalmente pelas sociedades ao longo do tempo e, no campo, ganha expressão quando o pequeno produtor rural, descapitalizado e impelido a lutar contra as limitações socioeconômicas impostas pelo cotidiano do trabalho, adere com mais facilidade ao discurso da incisão cirúrgica e corretiva, que "resolve o problema" rapidamente e, também, faz desaparecer de seu alcance visual aquela ferida exposta: a voçoroca.

Não se pode, contudo, criticar o agricultor por pensar dessa forma. É o pragmatismo que está arraigado no pensar e no agir da sociedade ocidental e ocidentalizada. Assim, a precisão das técnicas mais refinadas pode seduzir qualquer um, mesmo aqueles que, em princípio, têm a capacidade de se distanciar para analisar as diversas facetas de um mesmo processo, caso do pesquisador que desenvolveu por anos sua pesquisa naquela propriedade rural.

Já as técnicas de bioengenharia privilegiam o tempo lento da natureza. Para se compreender a diferença, é preciso considerar, primeiro, que a tônica de muitas dessas técnicas, como já demonstrado, consiste em intervenções que envolvem o uso de materiais mais simples e que podem ser encontrados no local, o que reduz drasticamente os custos, ao contrário das intervenções mecânicas. Além disso, e principalmente, a intervenção provocada nas vertentes é muito mais sutil.

O que se espera é que as alterações (mínimas) sirvam apenas para possibilitar a retenção de sedimentos nas paliçadas, bem como o desenvolvimento da vegetação, impedindo, assim, a avanço da erosão. É, portanto, um trabalho contínuo, que estabiliza as erosões em uma escala temporal mais lenta, ou seja, incompatível com a sanha imediatista do sistema capitalista.

Não se pretende afirmar, contudo, que a técnica mecânica não demande tempo para que a área seja recuperada; o tempo, conjugado com as contrapartidas dos agricultores, é fundamental nesse processo. A diferença é que, com a técnica de bioengenharia, a "ferida" cicatriza, mas não desaparece, ao passo que a técnica mecânica possibilita alterar a paisagem de tal forma que ficaria difícil dizer se ali havia uma grande erosão.

Logo, essas reflexões permitem sedimentar a compreensão de que o trabalho na realidade prática é muito complexo e envolve múltiplos interesses, demandas e conflitos, mas, ao mesmo tempo, torna a pesquisa extremamente rica e instiga o pesquisador a refletir sobre essa imbricada trama de contradições materializadas no espaço geográfico.

Considerações finais

As contradições na relação entre sociedade e natureza são orientadas pelo modelo de sociedade capitalista, que transforma a natureza e o trabalho em mercadorias, subjugadas pela apropriação e exploração desenfreadas, constituindo a produção de valor e a acumulação de capital. Na atualidade, observa-se um agravamento da crise ecológica global, com níveis alarmantes de degradação ambiental.

Os solos, em especial os agrícolas, foram incorporados no Brasil reproduzindo um quadro de expansão da fronteira agrícola com a tomada de terras pela expropriação, desmatamento, produção de commodities para o mercado externo e dilapidação acelerada dos recursos naturais, com a ausência de práticas de conservação ou recuperação e sem considerar suas características pedoclimáticas, o que gerou um grave cenário de terras agricultáveis degradadas pelas erosões.

A presente pesquisa relatou a atuação de pesquisadores no tema das erosões em propriedades rurais, buscando compreender os elementos que desencadearam os quadros erosivos. Identificou-se como as configurações naturais e o processo de apropriação social da natureza, permeado pelas

contradições do modelo de sociedade atual, moldam o espaço geográfico e contribuem para a degradação ambiental no campo, afetando diretamente os produtores rurais.

De forma geral, foi possível identificar padrões semelhantes no desencadeamento dos processos erosivos. Foram intervenções com o uso intensivo da terra, recortes e mobilidades importantes do relevo e do solo e com pouco manejo de conservação, aumentando significativamente o escoamento superficial, notadamente nas áreas de arruamento do café ou pastagens degradadas localizadas próximas aos declives mais acentuados, gerando as erosões hídricas lineares. Os históricos de ocupação, principalmente das famílias de pequenos agricultores, expõem as dificuldades de se manter na produção agrícola, com as oscilações de mercado e o pouco suporte social, técnico e financeiro dispensado pelo poder público.

Assim, foram desenvolvidas técnicas de recuperação de áreas degradadas com o objetivo de estabilizar os processos erosivos nas propriedades rurais estudadas em Getulina, Veracruz e Regente Feijó, no Centro-Oeste Paulista. Essas técnicas visavam reduzir o escoamento superficial, reter os sedimentos transportados e aumentar a cobertura vegetal. A principal técnica aplicada foi a de bioengenharia, por meio da construção de paliçadas de bambu, barramentos e sacarias. Além disso, em parceria com a Cati de Regente Feijó, foram aplicadas técnicas mecânicas, como terraços e bacias secas, em conjunto com práticas edáficas e vegetativas.

As técnicas se configuram como a principal forma de apropriação social da natureza, com as quais a sociedade se realiza e produz o espaço geográfico. Toda técnica tem a sua intencionalidade, assim como a sua aplicação. Essa aplicação, e principalmente, a "escolha" sobre qual técnica de recuperação aplicar, demonstrou as potencialidades, limitações e particularidades de cada uma delas, sendo uma escolha influenciada por diferentes aspectos, como socioeconômicos, geográficos, políticos, entre outros.

A primeira questão a ser considerada na escolha pela técnica de recuperação de erosões é a desigualdade de acesso a ela. Percebe-se que muitos produtores rurais não conseguem acessá-la, seja por falta de incentivo ou auxílio financeiro, tanto público como privado, ou mesmo por desconhecimento com relação a como aplicá-la.

Aqui se observa uma das contradições da agricultura capitalista. Por um lado, há a necessidade de incorporação da terra na busca por uma

produção maximizada. No entanto, essa busca por produtividade muitas vezes resulta na degradação da própria natureza, que é a fonte geradora de valor. Essa degradação, em muitos casos, não será recuperada, especialmente quando se trata de um pequeno produtor com recursos limitados. Todo o dispêndio de capital é direcionado para estratégias de aumento da produtividade, alimentando assim o ciclo de intensificação da degradação. Assim, a relação de apropriação da natureza, de uso e manejo do solo, o histórico das práticas agrícolas difundidas e a temporalidade dos processos e dos retornos financeiros vão ser elementos importantes na escolha ou não da aplicação de técnicas de controle de erosão.

As técnicas de bioengenharia, por um lado, demandam dispêndios de capital menores, já que podem ser aplicadas com o uso de materiais que podem ser realocados de dentro da própria propriedade; a sua aplicação também é mais fácil, demandando menos mobilização ou alterações significativas na paisagem. Por outro lado, demanda maior tempo de aplicação, de monitoramento/manutenção, como também para estabilizar a erosão. E tempo é uma questão fundamental quando se trata da produção agrícola. Ainda demanda cercamento da área, portanto a sua não utilização produtiva, o que ademais gera impactos significativos aos produtores rurais, ainda mais considerando espaços mais reduzidos.

As técnicas mecânicas, por sua vez, demandam um maior dispêndio de capital, pois envolvem o uso de maquinários e outros equipamentos, além de exigirem maiores mobilidades e alterações significativas na paisagem. Como já mencionado, a falta de recursos financeiros é um dos principais obstáculos na contenção das erosões. Além disso, as intervenções mecânicas podem gerar impactos significativos nas dinâmicas naturais locais, especialmente quando não são realizadas levando em consideração os possíveis riscos envolvidos.

Por outro lado, demandam menos tempo para a estabilização do processo erosivo, até mesmo quando se refere a erosões de grande porte, como as voçorocas. Além disso, a sua aplicação é mais acelerada e sua manutenção reduzida. A incorporação mais rápida deste espaço na atividade produtiva também é um atrativo, não precisando de grandes períodos de isolamento do local e garantindo a manutenção do uso de maquinários agrícolas ou mesmo a circulação do gado em um menor espaço de tempo.

Em determinadas circunstâncias, a aplicação de técnicas mecânicas mostrou-se importante. No entanto, repensar nossas intervenções nas dinâ-

micas naturais e a intencionalidade por trás da aplicação dessas técnicas é um debate tão relevante quanto necessário. Que modelo de técnica de contenção de erosão pretendemos democratizar? Quais são as intenções por trás da escolha dessas técnicas? Quais aspectos são considerados em sua elaboração e desenvolvimento? Por quem e para quem elas são feitas? Se as técnicas são carregadas de intencionalidade, repensá-las significa repensar o modelo de sociedade que as produz.

No sistema capitalista, como diz aquela famosa frase clichê, "tempo é dinheiro". Assim, ações práticas e rápidas para solucionar problemas que interrompam a produção são essenciais; o imediatismo garante o retorno da exploração da natureza e do trabalho, visto que pessoas e terras paradas não geram lucros. É o pragmatismo que impulsiona a sociedade moderna capitalista. Portanto, desconsiderar esses aspectos é iludir-se com a complexidade dessa sociedade, é evitar as contradições e os impasses que a rodeiam. No trabalho geográfico, buscar incorporar esses elementos é fundamental para entender como os espaços geográficos são reproduzidos.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais pela oportunidade de participar desta importante obra e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo financiamento das pesquisas que serviram de base para a elaboração deste capítulo, por meio dos Processos nº 2014/02230-6 e nº 2014/20850-1.

Referências

ABREU, D. S. **Formação histórica de uma cidade pioneira paulista**. Presidente Prudente: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 1972.

ACOSTA, A. Extrativismo e neoextrativismo: duas faces da mesma mandição. *In*: DILGER, G.; LANG, M.; PEREIRA FILHO, J. (org.). **Descolonizar o imaginário**: debates sobre pós-extrativismo e alternativas ao desenvolvimento. São Paulo: Editora Elefante, 2016. p. 46-85.

ARAÚJO, F. S. *et al.* Estimativa da erodibilidade de latossolos do Piauí. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 7, n. 10, p. 1-6, 2011.

BALDASSARINI, J. S. **As crises da relação sociedade-natureza**: um diálogo em busca das (re)conexões. 2021. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2021. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/204326. Acesso em: 5 abr. 2024.

BALDASSARINI, J. S. **Contribuição ao estudo das dinâmicas de perda de solo por meio de técnicas diretas e indiretas de estimação em propriedades rurais de Getulina e Vera Cruz-SP**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2016. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/153791. Acesso em: 2 abr. 2024.

BALDASSARINI, J. S.; NUNES, J. O. R. Recuperação de áreas degradadas por erosão hídrica em propriedades rurais nos municípios de Getulina e Vera Cruz. **Geografia**, Rio Claro, v. 41, n. 3, p. 447-465, set./dez. 2016. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/12645. Acesso em: 13 dez. 2024.

BALDASSARINI, J. S.; NUNES, J. O. R. A intervenção em prol da recuperação de áreas degradadas por erosão hídrica na microbacia hidrográfica da Água Três Unidos no município de Vera Cruz-SP. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. especial, n. 36, p. 174-190, 2014. Disponível em: https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/2650. Acesso em: 13 dez. 2024.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BEZERRA, M. Â. *et al.* Análise geoambiental da região de Marília, SP: suscetibilidade a processos erosivos frente ao histórico de ocupação da área. **Revista Geociências [da] Universidade Estadual Paulista**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 425-440, 2009.

BOULDING, K. E. The economics of the coming spaceship Earth. *In*: JARETT, H. (ed.). **Environmental quality in a growing economy**. Baltimore, MD: Resources for the Future/John Hopkins University Press, 1966. p. 3-14.

CAPECHE, L. C. *et al.* Degradação do solo e da água: impactos da erosão e estratégias de controle. *In*: TAVARES, S. R. L. *et al*. **Curso de recuperação de áreas degradadas**: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicações de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. p. 105-132.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

COMMONER, B. **The closing circle**: nature, man, and technology. New York: Alfred A. Knopf, 1971.

DRUGOWICH, M. I. *et al.* **Projeto para a recuperação de áreas degradadas a partir de diagnóstico da situação atual no estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 2012. Disponível em: http://www.cati.sp.gov.br/integrasp/docs_tecnicos/ProjetoRecAreasDegradadas%2010_12.pdf. Acesso em: 13 maio 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Brasil, suscetibilidade à erosão hídrica**. Brasília: Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos no Brasil, 2020. Disponível em: https://geoportal.sgb.gov.br/portal/apps/mapviewer/index.html. Acesso em: 5 abr. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em: 5 abr. 2024.

GUERRA, A. J. T. A erosão de solos no contexto social. **Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 14-23, 1994.

GUERRA, A. J. T. *et al.* Soil erosion and conservation in Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 37, p. 81-91, jan. 2014. DOI 10.11137/2014_1_81_91. Disponível em: https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/6977. Acesso em: 25 abr. 2024.

HARDIN, G. The tragedy of the commons. **Science**, Washington, v. 162, n. 3.859, p. 1.243-1.248, 1968.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Cadastro de erosões e inundações**. [São Paulo]: IPT, 19 maio 2015.Disponível em: https://ipt.br/2015/05/19/cadastro-de-erosoes-e-inundacoes/. Acesso em: 14 abr. 2024.

LANG, M. Alternativas ao desenvolvimento. *In*: DILGER, G.; LANG, M.; PEREIRA FILHO, J. (org.). **Descolonizar o imaginário**: debates sobre pós-extrativismo e alternativas ao desenvolvimento. São Paulo: Editora Elefante, 2016. p. 25-44.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

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

MOSÉ, V. **Nietzsche hoje**: sobre os desafios da vida contemporânea. Rio de Janeiro: Vozes, 2018.

NUNES, J. O. R. *et al.* A influência dos métodos científicos na geografia física. **Revista Terra Livre**, Presidente Prudente, ano 22, v. 2, n. 27, p. 121-132, jul./dez. 2006. Disponível em: https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/documentos839/docs/texto-terra-livre-final.pdf. Acesso em: 2 maio 2024.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. **El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura**: sistemas al límite. Roma: FAO, 2021. (Informe de síntesis 2021). DOI 10.4060/cb7654es. Disponível em: https://openknowledge.fao.org/items/7786970b-caf5-4af8-bc03-c987a9791b72. Acesso em: 25 abr. 2024.

PORTO-GONÇALVES, C. W. De saberes e de territórios: diversidade e emancipação a partir da experiência latino-americana. *In*: CRUZ, V. C.; OLIVEIRA, D. A. (org.). **Geografia e giro descolonial**: experiências, ideias e horizontes de renovação do pensamento crítico. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2017. p. 37-54.

RECLUS, É. Da ação humana na geografia física; Geografia comparada no espaço e no tempo**.** Organização e tradução de Plínio Augusto Coêlho. São Paulo: Expressão & Arte; Editora Imaginário, 2010.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. *In*: GUERRA. A. J. T.; BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. (org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.

SANTANA, A. D. **Pensar e fazer geografia**: uma contribuição para o controle de erosões em propriedades rurais no município de Regente Feijó/SP. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/151579. Acesso em: 9 maio 2024.

SANTANA, A. D. Uso da terra pela agropecuária e sua relação com a erosão dos solos no município de Regente Feijó (SP). **Ambientes**: Revista de Geografia e Ecologia Política, [*S. l.*], v. 1, n. 2, p. 252-275, 2019. DOI 10.48075/amb.v1i2.22109. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/ambientes/article/view/22109. Acesso em: 9 maio 2024.

SANTANA, A. D.; NUNES, J. O. R. Práticas conservacionistas e recuperação de área degradada por voçoroca em uma propriedade rural, no município de Regente Feijó (SP). **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 40, p. 169-189, 2021a. DOI 10.5216/

revgeoamb.i40.69189. Disponível em: https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/69189. Acesso em: 9 maio 2024.

SANTANA, A. D.; NUNES, J. O. R. Relação sociedade-natureza e degradação ambiental no modo de produção capitalista: um esforço de síntese. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 39, p. 25-45, 2021b. DOI 10.5216/revgeoamb.i39.65414. Disponível em: https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/65414. Acesso em: 9 maio 2024.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2002.

SANTOS, M. **Espaço e método**. São Paulo: Nobel, 1985.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia. São Paulo: Hucitec, 1988.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2013. *E-book*. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5562413/mod_resource/content/1/Metodologia-Do-Trabalho-Cientifico-23%C2%AA-Edicao--Severino-EBOOK-Escolhido.pdf. Acesso em: 25 maio 2020.

ZOCCAL, J. C. **Soluções**: caderno de estudos em conservação do solo e água. Presidente Prudente: CODASP, maio 2007. v. 1, n. 1.

DEGRADAÇÃO DA NATUREZA: AGENTES E PROCESSOS; PRÁTICA OU PRÁXIS

Dirce Maria Antunes Suertegaray

Introdução

A discussão sobre a relação natureza-sociedade é evocada, sob diferentes concepções, na atualidade, indo de uma natureza externa, concebida como recurso a ser explorado no âmbito econômico (capitalismo); a sua inserção na economia, numa condição de internalidade, por exemplo, vista como fonte de serviços ambientais[2]. Esses conceitos se associam aos derivados da apropriação e da exploração da natureza, em sua continuada degradação, e são recorrentes nos discursos oficiais/hegemônicos, bem como as indicações de preservação da natureza e de recuperação das áreas degradadas.

Neste capítulo, não serão tratadas proposições de manejo e de recuperação de áreas degradadas; o propósito, aqui, é o de indicar o sentido presente na ideia de área degrada; assim, a questão a ser colocada, do nosso ponto de vista, é: área degrada por quem? Nesse viés, importa resgatar o significado de degradação de área? Num primeiro momento, ao se falar em áreas degradadas, nossa representação se volta aos espaços que, pela exploração intensiva de recursos ou eliminação de suas características naturais originais, passam por processos que os impedem de ser produtivos — por vezes, de forma definitiva.

De uma parte, ao referir degradação, invoca-se um agente. Por vezes, esse agente é a ação humana, universal e indiferenciada; por vezes, tal é associada a agentes sociais específicos — sem contextualizar o processo que promoveu tal circunstância, contudo. De outra parte, o juízo de área degradada permite conceber o espaço como geométrico e inabitado. Portanto, a proposta trazida à discussão aqui procura inverter um pouco

[2] As técnicas de valoração ambiental são uma ferramenta para mostrar o custo gerado pela degradação; elas atribuem um valor monetário aos serviços prestados pelos ecossistemas. Explicitar esses custos à economia pode incentivar a conservação dos recursos naturais ou seu uso sustentável, "definido como uma transação voluntária, na qual um serviço ambiental bem definido ou um uso da terra, que possa assegurar este serviço, é adquirido por um comprador de um provedor, sob a condição de que o provedor garanta a provisão deste serviço" (((o))eco, 2014).

esta lógica, buscando refletir sobre natureza configurada em ambiente, pela apropriação social, fazendo da degradação um processo de transfiguração da natureza e, portanto, de produção de ambiente; esse, indissociável da dimensão territorial e ultrapassando, na medida do possível, a visão geométrica de área, entendendo degradação como um indicativo de poder econômico-social de agentes do capital, em relação à natureza, produzindo territórios-ambientes (e não áreas).

Acrescentam-se a essa discussão as normativas referentes a áreas degradadas e à recuperação desses espaços, conforme a legislação pertinente, para, na continuidade, conjeturar sobre a recuperação dessas áreas, na perspectiva da extensão acadêmica e no campo da prática ou práxis.

Constitui este texto a expressão teórico-conceitual da autora, sintetizada e disponibilizada em um possível diálogo que ultrapasse as análises de áreas degradadas e de suas recuperações, formalmente conceituadas nas regulamentações e nas práticas técnico-científicas como caminhos de recobramentos de recursos de origem natural.

A natureza da natureza

Iniciamos este texto expressando uma leitura, construída em diálogo com De Paula (2013, 2018), divulgada incialmente em De Paula e Suertegaray (2018). Neste capítulo, trata-se mais especificamente de explicitar essa construção, com vistas ao colóquio com o tema que está sendo proposto nesta obra, cuja centralidade se refere a áreas degradadas e sua recuperação. Para tanto, são trazidas à compreensão três dimensões associadas e interconectadas da questão ambiental. Essa primeira abordagem diz respeito ao aspecto da natureza da natureza.

O debate atual sobre natureza-naturezas, considerando o sentido a ela atribuído em nosso contexto sociocultural, permite identificar uma construção dual sobre natureza ou, ainda, uma separação entre suas dimensões material e imaterial. Essa dualidade se manifesta na concepção de natureza como coisa objetiva e, ao mesmo tempo, como representação/conceito. Entende-se que, enquanto conceito/representação, tal é diverso e expressa cosmovisões díspares, que se mostram em conflito, sob os processos de mundialização do capital; e, enquanto realidade/materialidade, a natureza se transforma pela sua própria evolução — o que é compreendido, por Maturana e Varela (1996), como auto-eco-reorgani-

zacional (*autopoiesis*[3]), isto é, trata-se de pensar a natureza da natureza ou, como referiam Marx e Engels, compreender a História da natureza, em sua dimensão primordial.

No processo de socialização, essa natureza é transformada pelas práticas humanas; portanto, no processo histórico, a natureza se transforma, mediada pelo trabalho humano. Na atualidade, não sendo mais natureza primordial, ela precisa ser distinguida e, em suas representações atuais, ressignificada. Não obstante, a natureza, sob um entendimento que lhe atribui uma condição externa à sociedade, permanece como representação, sobretudo no processo produtivo de caráter capitalista.

Sem embargo, em nossa sociedade, a natureza e a nossa própria natureza se transfiguram, ou seja, transformam-se em outra. Essa transfiguração ocorre cada vez mais como subordinação da natureza aos processos sociais de apropriação e de exploração, dentro dos contextos políticos, que norteiam as práticas sociais no mundo contemporâneo. Denomino este processo transfiguração, uma vez que, nele, subjaz uma relação de poder. Tal subordinação diz respeito à busca, por exemplo, pelo desenvolvimento tecnológico, visando à reprodução da natureza em laboratório e/ou à transformação de seus ciclos longos em ciclos curtos, em tempos curtos, ou seja, em tempos mais próximos aos dos interesses da reprodução do capital.

O que está em jogo, hoje, com as transformações técnico-científicas, diz respeito a uma reflexão sobre natureza, fundamentalmente. Essa concebida conceitualmente como uma externalidade à organização do mundo moderno, permitiu a dominação da natureza, pelo ser humano (enquanto materialidade) e, contraditoriamente, determinou a submissão do ser humano, e da sua própria natureza, aos problemas de deterioração da vida. A partir daí, compreende-se o valor estratégico do pensamento ecológico ou, de forma ampliada, conforme nosso ponto de vista, do pensamento ambiental, pois, sendo a natureza transfigurada, o embate passa a ser entre relações e práticas sociais.

Serres (2011), ao tratar da apropriação da natureza pelo capital, expressa uma visão singular. Esse autor/filósofo, no livro *O mal limpo:*

[3] Autopoiese ou *autopoiesis* é um termo de origem grega, correspondente a "própria" (auto), "criação" (*poiesis*). O conceito de autopoiese indica a capacidade dos seres vivos de produzirem a si próprios. Os seres vivos e, por extensão, a natureza estão constantemente se autoproduzindo, autorregulando-se, em relação ao meio. O meio, por sua vez, é o gatilho das mudanças que ocorrem em sua própria estrutura. Esse conceito surge nos anos 1970, através de Humberto Maturana e de Francisco Varela, biólogos chilenos (para mais, vide *El árbol del conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano*, de Maturana e Varela).

poluir para se apropriar, argumenta que a demarcação territorial (posse) é uma característica do humano (animal biológico). Nesse sentido, entende que os animais e a humanidade (arraigada na sua dimensão biológica) poluem para se apropriar, ainda que essa "poluição" se dê de forma diferente entre as naturezas dos animais e dos seres humanos, ao longo da História. O autor se utiliza de duas metáforas, o sujo e o limpo, e atribui o sujo à demarcação territorial, revelada na "poluição", decorrente da demanda capitalista, e o limpo aos espaços não poluídos, de acesso a todos. A sociedade humana, na sua contínua apropriação da natureza e na transformação de seu valor de uso em valor de troca, induz e incrementa a poluição, a degradação. Assim, para Serres (2011), o sujo é o território do capital e o limpo é o mal, pois este é o espaço democrático, ao qual todos têm acesso.

Áreas degradadas revelam essa dimensão de natureza apropriada, explorada no limite da sua possibilidade ou na impossibilidade de sua reconstituição, demandando buscas por sua recuperação. Compreende-se, também, que, a partir de uma nova perspectiva, é possível pensar em outra dimensão: o território da natureza. Essa leitura poderá causar estranheza e, mesmo, provocar uma interpretação determinista, o que não se revela na abordagem aqui construída. Em nosso entendimento, tem-se uma possibilidade de pensar a superação do conceito de meio a partir de uma releitura do conceito de ambiente, conforme sua configuração atual.

O território da natureza

As sociedades e o conhecimento tradicional e/ou originário, aqui exemplificados na construção da tese de De Paula (2018), trabalhando com pescadores artesanais, e na pesquisa construída, junto a comunidades ribeirinhas da Floresta Nacional de Tefé/AM (Fontana; De Paula; Suertegaray, 2017; Scelza *et al.*, 2014; Suertegaray, 2019), revelam a permanência do metabolismo ser humano x meio/sociedade x natureza, permitindo, com base nesse argumento, que seja feita a distinção entre meio, entendido como a esfera de realização da relação metabólica, como um todo orgânico e funcional, e ambiente, como o produto da ruptura do metabolismo homem x meio. A expressão deste metabolismo sugere uma relação orgânica com a natureza, em que a "tradição prática" e o conhecimento garantem a unidade da natureza "universal". Trata-se, pois, daquilo que se denomina território da natureza. Quando nos referimos

ao território da natureza, consideramos dimensões de organização social e/ou comunitárias, em que os trabalhadores têm suas centralidades de produção coletiva no trabalho e na terra, o que, por sua vez, configura uma relação de pertencimento à natureza — nesse cenário, os homens não estão separados de seus meios de produção. Tal contexto é constituído de uma funcionalidade orgânica, em que os períodos de produção são regidos pelos ciclos da natureza.

É neste território, denominado território da natureza, que visualizamos uma organicidade, a partir do conceito de metabolismo em Marx (Foster, 2010). Sob estas conjunturas, ainda que a natureza da natureza seja movimento e transformação, a permanência das condições fundamentais à existência humana nesses lugares se associa ao tempo longo.

Ainda que esta seja uma realidade possível de ser visualizada em alguns lugares específicos, o que se observa atualmente é a redução de comunidades, a exemplo de povos indígenas e tradicionais, no território brasileiro, pela ruptura desse metabolismo, isto é, em decorrência dos conflitos pela terra e pelos recursos, sejam eles vegetais ou minerais. Essa quebra, decorrente de relações sociais conflituosas, é entendida como natureza do território, sob o capital.

A natureza do território

Entre outras formas de refletir sobre o território, considera-se aqui, no contexto de uma ponderação ambiental, que a essência do território está centrada nas relações de apropriação e de exploração da natureza, pelo trabalho humano, ao longo da história de socialização entre o homem e a natureza. Essa relação/mediação se expressa através de conflitos, os quais encerram aquilo que se constitui, na lógica dialética de Marx, segundo Foster (2010), na base para um possível entendimento da questão ambiental. O tema ambiental, nesse caso, é visto para além de um processo de degradação da natureza, sendo considerado na sua externalidade à sociedade. A questão ambiental expressa no conceito de ambiente se revela com mais evidência no mundo contemporâneo, dados o avanço, a apropriação, a expropriação e a exploração estendida sobre os territórios da natureza.

Nesse contexto, a natureza do território pode ser compreendida pelo conceito de metabolismo — e por sua interrupção. O metabolismo em

Marx, segundo Foster (2010), é entendido como o processo pelo qual o ser humano, em interação com a natureza, promove a mediação, a regulação e o controle do metabolismo entre ele e a natureza (território da natureza).

Ao rompimento dessa relação orgânica Marx denominou falha metabólica — "Tal conceito de falha metabólica constitui a essência da compreensão da separação do homem da natureza e sua progressiva alienação" (Suertegaray, 2017, p. 165). No entanto, tal ruptura vem assumindo formas expandidas, englobando a produção e a circulação ampliada de mercadorias em áreas agrícolas destinadas a lavouras camponesas, por exemplo.

Daí a razão de, ao buscar a compreensão de área degrada, atentarmos ao sujeito da degradação. As práticas exercidas pelos agentes do capital, vinculados ao agronegócio, ao desmatamento, à mineração, como observado nas regiões Centro-Oeste e Amazônica, mas não somente nelas, promovem grande devastação da natureza da natureza e dos territórios da natureza, revelada pela tomada de terras e pelo extermínio de populações, por exemplo, visando à ampliação dos territórios do capital.

Nessas áreas, a degradação fica evidenciada pelo uso intensivo de capital, seja no controle da fertilidade do solo, seja no controle das ditas "pragas", pelo uso intensivo de agrotóxicos e pela contaminação das águas para além das já extensas propriedades, comprometendo a diversidade biológica e agenciando a desapropriação de populações locais, sobretudo nos casos de povos originários e tradicionais. Mas, concomitante e contraditoriamente, a herança de áreas desmatadas e de solos degradados ou com escassez de recursos hídricos, especialmente em pequenas propriedades, por vezes ocupadas por camponeses e, mesmo, por populações tradicionais, vem sendo reconstituída por processos e por instrumentos de baixo custo, a partir de práticas de recuperação centradas no retorno ao orgânico, ou ao ecológico, a exemplo da produção em assentamentos rurais, vinculados ao Movimento dos Sem Terra (MST), no Brasil.

Os agentes do capital promovem, dessa forma, a possibilidade de pensar sobre a ótica ambiental e sobre a natureza do capital, enquanto ainda concebem a natureza como externa e avançam em sua exploração. Trata-se de uma exploração barata da natureza (sem custo), vista como ilimitada e a serviço da acumulação (Moore, 2022). Nesse contexto, adentramos as normatizações sobre áreas degradadas, consoante seus propósitos e os agentes envolvidos nessas ações.

Área degradada: significados, propósitos, agentes e ações

Ao ser evocada, fazendo referência ao ambiente[4] e à sua preservação, a expressão "área degradada" produz muitas significações. De maneira ampla, concebe-se que uma área degradada é resultado de intervenções humanas, promovendo alterações em sua constituição natural (propriedades físicas, químicas e biológicas). Ou seja, tais intervenções vão promover mudanças nesses constituintes e na funcionalidade ecossistêmica dos espaços físicos. Em Almeida (2016), tem-se um maior detalhamento dessa definição. Inicialmente, o autor caracteriza degradação da seguinte forma:

> [...] em termos de áreas (local), a degradação acontece quando a vegetação e a fauna forem removidas ou expulsas; a camada fértil do solo (horizontes superficiais) for removida ou enterrada; e a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico forem alterados (Almeida, 2016, p. 26).

À continuidade, seu artigo apresenta um conjunto de definições, que comporta o rol de termos associados às questões ambientais, incluindo o que corresponde a uma área degradada:

> Área degradada – é aquela que, após distúrbios, teve eliminados, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos, como o banco de sementes, banco de plântulas (mudas), chuva de sementes e rebrota. Apresenta, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento, sendo a ação antrópica necessária (CARPENEZZI *et al.,* 1990). É uma área impossibilitada de retornar por uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes, ou para outro estado que poderia ser esperado (IBAMA, 2011). (Almeida, 2016, p. 27).

A referência oficial, de acordo com a legislação ambiental brasileira, presente no Decreto nº 97.632/1989, apresenta um indicativo do que corresponde degradação e agrega a necessidade de recuperação dessas áreas:

> Art. 2º Para efeito deste Decreto são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas

[4] A opção da autora se refere ao conceito de ambiente. Nesse artigo, meio ambiente é entendido como ambiente, na sua totalidade, com o qual a autora trabalha.

> de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.
>
> Art. 3º A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente (Brasil, 1989).

Recuperar áreas degradadas é uma normativa legal, conforme manifesta o Art. 3º do referido decreto, exigência que se desdobra na construção de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (Prad).

> O Decreto-lei n. 97.632/89 regulamentou a lei n. 6.938/81, obrigando a recuperação da área degradada como parte do Relatório de Impacto Ambiental. Instituiu o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), que pode ser empregado de forma preventiva ou corretiva, para áreas degradadas por ações de mineradoras. Convém observar que nenhum estado possui legislação específica sobre Recuperação de Áreas Degradadas, complementar à legislação federal já existente (Almeida, 2016, p. 35).

Em site específico, objetivando divulgar esse conceito e indicar a necessidade de recuperação de áreas degradas, há indicações gerais sobre o propósito de recuperação colocado na obrigação jurídica, e sobre o que se presume como objetivos dessa recuperação.

Esse propósito é associado, em outras referências, à diminuição do efeito estufa — sendo um fim ambiental global, portanto — ou, em outra escala:

> [...] esse processo é indicado como benéfico, principalmente, para o dono do terreno. Com a reabilitação, o solo aumenta sua fertilidade e passa a ser produtivo novamente. Assim, há o aumento da capacidade produtiva da terra, maior rendimento na pecuária, redução dos custos de produção e consequente incremento do lucro para o produtor rural (Laurentiz Sociedade de Advogados, 2021).

Uma leitura desses dois alvos permite observar que, de um lado, emerge a necessidade de uma política ambiental global, de que se depreende, entretanto, que cada um deve fazer a sua parte para reverter o efeito estufa e as suas consequências; de outro, indica-se uma escala individual, a do proprietário rural, consoante as vantagens de recuperar

áreas, para obter um melhor rendimento e/ou uma diminuição de custos pastoris ou agrícolas em sua(s) propriedade(s).

Degradação ambiental, recuperação, extensão ou processo educativo?

Independentemente dessas normatizações e/ou de proposições estruturadas em modelos formais de recuperação de áreas degradadas, enquanto exigência da legislação ambiental brasileira, conforme exposto, trazemos, neste texto, uma reflexão sobre o agente da recuperação, que pode ser compreendido, no âmbito da universidade, como uma atividade acadêmica de extensão.

A base dessa reflexão está centrada no livro de Paulo Freire (1973), publicado originalmente em 1969, em Santiago do Chile, sob o título *¿Extención o comunicación?* Nesse texto, Freire faz referência ao agrônomo extensionista. Na atualidade, considera-se relevante esta discussão, cujos reflexos cabem no conjunto da academia, ou seja, servem a todas as áreas de conhecimento, que promovem ações de extensão, em particular à Geografia.

No prefácio da edição chilena, escrito por Jacques Chonchol, tem-se o indicativo do sentido da obra para as atividades de extensão, para além da Agronomia.

Mais do que uma análise do trabalho do agrônomo como extensionista, o livro de Freire constitui uma ponderação sobre extensão e sobre educação, ou seja, busca "humanizar o homem na ação consciente do que este deve fazer para transformar o mundo" (Chonchol, no prefácio de Freire, 1973, p. 7).

Cabe lembrar que, nesse momento, com a "modernização" da agricultura e com o advento da Revolução Verde[5], as escolas de Agronomia tinham, nas suas formações, disciplinas e práticas direcionadas ao extensionismo. Esse exercício constituía uma das dimensões do tripé da universidade — ensino, pesquisa e extensão —, desde a reforma universitária ocorrida no Brasil em 1972. Hoje, a extensão, para além de sua ampliação, vem sendo formalizada, exigida e valorizada em instituições de ensino superior, com créditos validados na estrutura curricular.

[5] A modernização da agricultura, ocorrida em torno dos anos 1950/1960, baseou-se no melhoramento genético das espécies vegetais, nos usos de maquinários agrícolas, de adubos, de fertilizantes e de agrotóxicos (em seus pressupostos, denominados defensivos agrícolas). Derivam desta revolução a agricultura intensiva, tanto em tecnologias quanto em capitais, e as questões ambientais vivenciadas na atualidade.

É no contexto dos anos 1960/1970 que Freire se insere nas cogitações sobre o sentido da extensão. Sua análise é voltada à atividade camponesa e, nesse movimento, avalia a extensão como uma ação que transforma o camponês em "coisa", ou seja, em objeto de planos de modernização da agricultura, que fazem com que estes absorvam os novos pacotes de produção agrícola, negando suas capacidades de promover transformações sociais. Dito de outro modo, Freire (1973) refere ações extensionistas sobre:

> [...] áreas de reforma agrária que estejam sofrendo um problema de erosão, que obstaculiza sua prática, a ação extensionista se dirige exatamente até a área desgastando-se ou até os camponeses que se encontram mediatizados pela realidade de sua região, na qual se verifica o fenômeno de erosão (Freire, 1973, p. 11).

Prossegue Freire (1973) observando que ações extensionistas que se façam diretamente sobre o problema da erosão — sobre áreas degradadas, portanto —, sem considerar a presença de camponeses, não teriam razão de existir. A ação de extensão se dá no domínio do humano, e não do natural, ou seja, a extensão do conhecimento técnico trazida ao camponês só tem sentido se for feita com os camponeses, para que estes possam transformar para melhor o mundo em que vivem.

A centralidade de sua obra remete à reflexão sobre o sentido da extensão, à época. Para ele, extensão não é isto, mas um ato educacional, em que o extensionista exerceria um processo educativo, sintetizado como educador-educando e educando-educador.

> Por isso mesmo, a expressão extensionista-educador só tem sentido se se toma como educação uma prática de "domesticação". Educar é educar-se na prática da liberdade não é estender algo desde a "sede do saber", até a "sede da ignorância" para salvar, com este saber, os que habitam nela (Freire, 1973, p. 15).

O ato de educar educando revela outra dimensão trazida por Freire, que diz respeito ao tema da degradação de áreas: o senso atribuído à natureza pelos agrônomos extensionistas, que poderia ser ampliado para a maioria dos que exercitam a extensão, ainda hoje.

> Técnicos especializados nas relações homem-mundo (tomando este infelizmente em seu sentido exclusivo de natureza, da qual resulta a produção desde muito tempo, os

> agrônomos perceberam a importância indiscutível de sua presença junto aos camponeses para lograr a substituição de suas formas e enfrentar a natureza (Freire, 1973, p. 14).

A educação em Freire é um ato comunicativo e dialógico, portanto, e, ao se referir à ação de extensão, o educador coloca:

> [...] não serão raras as ocasiões em que um problema real para nós, não o é para os camponeses e vice-versa. Não são raras também as ocasiões em que os camponeses apesar de sua base cultural mágica, revelam conhecimentos empíricos apreciáveis, em torno de questões fundamentais de técnicas agrícolas (Freire, 1973, p. 60).

Em suas conclusões, o autor responde a sua questão inicial, "extensão ou comunicação?", optando de forma consistente pela comunicação, em consonância com seu pensamento sobre educação.

Essa breve exposição de ideias freirianas permite uma meditação sobre o tema proposto no título deste livro, sobretudo a relação sociedade e natureza em debate: teoria e práxis na recuperação de áreas degradadas.

Num primeiro momento, indicamos uma possível compreensão sobre o que é aqui denominada relação sociedade e natureza, considerando que a natureza da natureza, em seu caráter primordial, significa movimento. Portanto, tal se transforma na intrincada relação entre essa natureza e as sociedades, ao longo do tempo histórico, em cujo processo o território da natureza se construiu, amalgamado ao social, sem ruptura, dimensionado sob cosmovisões distintas da visão externalizada de natureza do mundo moderno. De outra parte, é sob a constituição do território capitalista (natureza do território) que vai se desencadear um processo de separação entre o homem (social) e a natureza, com esta sendo transformada em recurso a ser exaustivamente explorado. Tal processo se amplia ao nível planetário, estabelecendo, a exemplo do Brasil, uma dinâmica de exploração de grandes dimensões, em que são apropriados recursos e são expropriadas populações originárias, tornando suas territorialidades subalternizadas, oprimidas ou extintas.

Essa avassaladora espoliação da natureza e da humanidade deixa um rastro que, em parte, é denominado área degradada. Daí, vem a pergunta: as áreas são degradadas por quem? A resposta é evidenciada e se revela em processos de grande monta: expansão do agronegócio; desmatamento; mineração etc. Nessa escala, em que as áreas degradadas são de grande

tamanho, configura-se um processo de condenação dos proprietários, via procedimentos jurídicos, que se arrastam e que, ao fim e ao cabo, resultam em multas minimizadas ou canceladas. Mas, em escalas outras, as áreas degradadas e a população residente nos lugares não se "recuperam"; assim, restam áreas a serem recuperadas, por vezes associadas a terras periféricas, exploradas por muito tempo, já, e, por conseguinte, destituídas de seu valor mercadológico.

Por vezes, tais terras são vinculadas a assentamentos e indicam uma degradação anterior. Nessas circunstâncias, visualizam-se muitos processos de recuperação de áreas, pois os agricultores aí assentados dependem dessas terras, relativamente a suas condições de existência. É exatamente sobre essas terras — as terras camponesas — que sofrem com partes dos processos de modernização, via ações de extensão, que Freire construiu sua reflexão.

Nesse viés, a presente análise ganha grande atualidade, em particular nos últimos anos, quando as universidades se voltam ao extensionismo e formalizam as ações deste, visando ao propósito de sua inserção na sociedade: a busca por melhorias sociais.

Ainda é pertinente o questionamento de Freire, bem como o seu indicativo de que, nesse processo de convivência com populações locais, visando à recuperação, importa uma comunicação constituída pela dialógica e pela perspectiva da transformação de suas condições de existência. Nessa perspectiva, a próprio entendimento de natureza se reconstrói, na medida em que áreas degradadas não são um problema natural, a ser tecnicamente solucionado, mas resultam de um problema social, que ultrapassa o limite técnico, uma vez que se funda na mútua compreensão, ou no diálogo entre diferentes saberes, sobre a natureza natural; ela própria transformada em processo social. Trata-se do exercício da práxis.

Da prática ou da práxis

Aborda-se, aqui, o conceito de práxis versus o de prática. Nesse través, se tomarmos o sentido de prática, verificaremos que ela se define por tudo aquilo que se consegue realizar, executar, fazer. O fazer prático sempre esteve separado do da teoria, podendo se compreender prática como a aplicação de uma teoria — ou a prática pela prática, no extremo. Compreender tal questão dessa forma é dissociar o pensamento da ação

e a ação do pensamento. Contrariamente, na filosofia materialista-dialética, a práxis indica a interação entre pensamento e experiência, conforme experiência vivenciada com comunidades ribeirinhas e de pescadores em Suertegaray e De Paula (2019), o que significa ultrapassar a noção (ainda) hegemônica de observação objetiva, neutra e distanciada do conceito de práxis, que fundamenta a concepção marxista sobre o processo de conhecimento, segundo a qual:

> "A práxis do homem não é atividade prática contraposta à teoria; é determinação da existência humana como elaboração da realidade" (KOSIK, 1976, p. 202). Epistemologicamente, essa concepção de 'práxis' implica que observador e observado, sujeito e objeto de conhecimento, encontram-se em relação, em processo de mútua determinação. Portanto, a realidade é apreendida apenas por um sujeito ativo no processo de conhecer, tanto objetiva quanto subjetivamente, através de envolvimento, de conceituação e de (inter)ação; a verdade, portanto, não é comprovada como abstração, mas através da interação sensível — da 'relação' — com o próprio fenômeno. Essa postura filosófica, epistemológica e política implica que o conhecedor compreenda sua própria natureza e suas circunstâncias históricas específicas; assim, ele se objetiva no processo de conhecer (Barbosa, 2010, p. 16).

Resgatando uma interpretação de Freire no campo da educação, tem-se que:

> [...] a teoria pedagógica de Paulo Freire, fundada no diálogo, na reflexão e na ação transformadora da realidade, objetiva a construção coletiva da consciência crítica da humanidade mediante uma práxis libertadora e revolucionária. Portanto, a pedagogia freireana se concretiza na relação teoria-prática, inovando ao alocar o conceito de práxis, de tradição marxista, voltado para a análise do modo de produção capitalista, relacionando-o à educação e orientando-o à luta pela humanização, desalienação e afirmação dos homens, contribuindo, dessa forma, para o processo de emancipação humana (De Carvalho, 2017, p. 435).

Esse conceito perpassa o colocado neste texto, na medida em que é através dele — e só através dele — que uma ação de recuperação de áreas degradadas poderá revelar uma abrangência maior, de envolvimento na transformação social, o que significa dizer, em relação à definição de prática:

> [...] que na concepção prática estaríamos fazendo extensão, na concepção da Práxis estaríamos construindo em diálogo com os camponeses uma possibilidade de ação verdadeiramente transformadora da realidade, é fonte de conhecimento reflexivo e criação (Freire, 2013, p. 127).

Outras considerações, ao finalizar

O texto que ora se encerra não desconsidera a importância de reconstituir a natureza a partir daquilo que se define como área degradada, uma vez que sua argumentação se estrutura numa lógica reflexiva, fundada nas três dimensões, que se consideram interligadas, na busca interpretativa dos sentidos dados à natureza e a suas formas de degradação, vinculadas à exploração da terra, por parte dos agentes políticos e econômicos hegemônicos. Áreas degradas resultam, portanto, da concepção moderna de natureza, caracterizada pela sua contínua exploração como natureza externa, até os limites planetários de degradação. Tal processo passa a ser normatizado pelos Estados, visando responder a uma demanda produzida pelo embate entre exploração capitalista da natureza e preservação ecológica, sobretudo após os anos 1960.

Essas normativas desencadeiam proposições, projetos e práticas de recuperação, em suas diferentes formas, em grande parte atreladas ao saber técnico e ao trabalho de extensão, seja através de órgãos oficiais, seja através de práticas acadêmicas. Daí o resgate freiriano trazido neste texto, que busca compreender extensão como comunicação, indicando a necessidade de superar a prática pela práxis em processos de reconstituição de áreas transfiguradas (degradadas) pelos processos de acumulação capitalistas, visando a uma transformação coletiva, reflexiva e ativa da sociedade. O exemplo mais emblemático no Brasil diz respeito ao processo educativo de importante alcance constituído no seio da luta do MST no país. A práxis deste movimento revela a superação e a adesão a práticas agrícolas de menor impacto, a geração de alimentos desprovidos de agrotóxicos e o uso de tecnologias nocivas, herdadas da dita Revolução Verde, com vistas à segurança alimentar e à produtividade limpa.

Referências

BRASIL. Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras pro-

vidências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 abr. 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm. Acesso em: 25 abr. 2024.

((O))ECO. O que são serviços ambientais. *In*: ((O))ECO. **Dicionário ambiental**. Rio de janeiro: Associação O Eco, 27 mar. 2014. Disponível em: https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/28158-o-que-sao-servicos-ambientais/. Acesso em: 19 set. 2023.

ALMEIDA, D. S. Conceitos básicos. *In*: RECUPERAÇÃO ambiental da Mata Atlântica. 3. ed. rev. e ampl. Ilhéus: Editus, 2016. p. 24-30. *E-book*. Disponível em: https://books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402-3.pdf. Acesso em: 17 nov. 2023.

BARBOSA, R. H. S. A 'teoria da práxis': retomando o referencial marxista para o enfrentamento do capitalismo no campo da saúde. **Trab. Educ. Saúde**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 9-26, mar./jun. 2010.

DE CARVALHO, S. M. G.; PIO, P. M. A categoria da práxis em Pedagogia do oprimido: sentidos e implicações para a educação libertadora. **Rev. Bras. Estud. Pedagog**., Brasília, DF, v. 98, n. 249, p. 428-445, maio/ago. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeped/a/zpsDMKRZvTM3BwNSZLb8Cqp/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 14 jan. 2024.

DE PAULA, C. Q. **Geografia(s) da pesca artesanal brasileira**. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

DE PAULA, C. Q. **Gestão compartilhada dos territórios da pesca artesanal**: fórum Delta do Jacuí. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

DE PAULA, C. Q.; SUERTEGARAY, D. M. A. Modernização e pesca artesanal brasileira: a expressão do "mal limpo". **Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 50, p. 97-130, 2018.

FONTANA, C.; DE PAULA, C. Q.; SUERTEGARAY, D. M. A. Ribeirinhos, organizações comunitárias e alimentação: Flona de Tefé/AM, Brasil. *In*: AZEVEDO, A. F.; REGO, N. (org.). **Geografias e (in)visibilidades**: paisagens, corpos, memórias. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2017. p. 187-216.

FOSTER, J. B. **A ecologia em Marx**: materialismo e natureza. 2. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2010.

FREIRE, P. **Extensión o comunicación:** la conciencia en el medio rural. 13. ed. en español. México: Siglo XXI Editores, 1973. Disponível em: https://grandeseducadores.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/07/extensic3b3n-o-comunicacic3b3n-la-conciencia-en-el-medio-rural-1973.pdf. Acesso em: 25 abr. 2024.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 54. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

O QUE são áreas degradadas? **Laurentiz Sociedade de Advogados**, 2021. Disponível em: https://laurentiz.com.br/areas-degradadas. Acesso em: 30 nov. 2023.

MATURANA, H. R.; VARELA, F. G. **El árbol del conocimiento:** las bases biológicas del entendimiento humano. 13. ed. Santiago: Editorial Universitaria, 1996.

MOORE, J. W. (org.). **Antropoceno ou capitaloceno**: natureza, história e crise do capitalismo. São Paulo: Ed. Elefante, 2022.

SERRES, M. **O mal limpo**: poluir para se apropriar? Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

SCELZA, G. C. *et al*. Plano de manejo da Floresta Nacional de Tefé, a gente faz junto! **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 4, p. 69-91, 2014.

SUERTEGARAY, D. M. A. Cartografia social: mapeamento participativo e gestão territorial – Flona de Tefé, Amazonas. *In*: DI MAURO, C. A.; DE ARAUJO, R. R.; LEAL, A. C. (org.). **Sustentabilidade em bacias hidrográficas**: políticas, planejamento e governança das águas. Uberlândia: Anap, 2019. v. 1, p. 74-90.

SUERTEGARAY, D. M. A.; DE PAULA, C. Q. Geografia e questão ambiental, da teoria à práxis. **Ambientes**, Francisco Beltrão, v. 1, n. 1, p. 79-102, 2019. Disponível em: http://e-revista.unioeste.br/index.php/ambientes/article/view/22686. Acesso em: 17 mar. 2020.

SUERTEGARAY, D. M. A. **(Re)Ligar a Geografia**: natureza e sociedade. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2017.

A MULTIFUNCIONALIDADE COMO PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: UMA DISCUSSÃO TEÓRICA

Emanuela Sanches Moreira

Introdução

Este capítulo é resultado do debate teórico realizado na dissertação de mestrado de Moreira (2023), em que foi trabalhado o conceito de multifuncionalidade rural como uma alternativa de recuperação de áreas degradadas. Será apresentado, também, um breve relato da experiência vivida durante o período de intercâmbio na província de Alicante, na Espanha, ao realizar um campo numa área modelo de multifuncionalidade rural, a fim de endossar o debate acerca da eficiência dessa prática.

De acordo com Segrelles Serrano (2007), o conceito de multifuncionalidade rural surgiu na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, também conhecida como "Rio 92", realizada na cidade do Rio de Janeiro (Brasil), em junho de 1992, e foi, posteriormente, adotado pela União Europeia como bandeira da reforma da Política Agrícola Comum (PAC). Para esse mesmo autor, a multifuncionalidade rural é o aproveitamento de todas e cada uma das possibilidades que são oferecidas pelo espaço rural, com o objetivo de garantir o equilíbrio entre a conservação do ambiente, a melhoria das condições de vida das populações rurais e a produção de alimentos e manutenção dos produtores no campo.

Para que se atinjam os objetivos da multifuncionalidade é necessário adotar a diversificação econômica e funcional das áreas rurais, a fim de conseguir novas fontes de renda que se complementem, sem esgotar os recursos naturais, mantendo o respeito ecológico e a preservação da natureza. Além disso, é de suma importância aderir ao mercado de proximidade, rompendo com os padrões de grande distribuição do mercado exterior, atingindo, assim, o desenvolvimento agrícola e ambiental, simultaneamente (Segrelles Serrano, 2007, 2013). Nas palavras de Moreira (2023, p. 52):

> [...] a ideia da multifuncionalidade rural é trazer para dentro de um mesmo espaço a diversidade de atividades econômicas que podem ser: agricultura e pecuária, sobretudo ecológicas e/ou orgânicas; incentivo à elaboração de produtos artesanais; valorização cultural e histórica local; incentivo ao turismo rural motivado por paisagens e atrativos naturais, como cachoeiras e montanhas; e criação de trilhas e rotas ciclísticas, por exemplo.

Rossi Rodríguez (2007) soma, a essa ideia, o argumento de que, para desenvolver uma agricultura multifuncional, é necessário combinar funções ambientais e produtivas. Enquanto Lima (2007, p. 2) reflete que a multifuncionalidade rural é a existência de funções baseadas em recursos materiais e imateriais que proporcionam "lazer, amenidades ambientais, gestão da paisagem, contribuição para o ordenamento e gestão do território".

No entanto, antes de aprofundar o debate sobre a multifuncionalidade, é necessário refletir sobre a necessidade de analisar as relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza e as modificações ocorridas no espaço geográfico. Para isso, é de suma importância compreender a Geografia como uma ciência integrada, abordada por Suertegaray (2001, 2017, 2021) e Suertegaray e De Paula (2019).

A compreensão da relação sociedade natureza nos conduz para a análise da questão ambiental, debatida por Suertegaray (1997, 2021), Porto-Gonçalves (1989, 2004) e Casseti (1993, 1994, 1995). Este último aponta que a natureza transformada em produto social é resultado da apropriação do relevo exercida pela sociedade adepta do modo de produção capitalista, processo que culmina em problemas ambientais. O autor salienta que o relevo é o suporte das interações naturais e sociais, estando constantemente ocupado para a exploração dos recursos naturais nele presente, como solo, água, minérios e vegetação (Casseti, 1995).

Moreira (2023, p. 39) sintetiza esses processos destacando o impacto do modo de produção capitalista no esgotamento dos recursos naturais:

> [...] os seres humanos, inseridos no modo de produção capitalista, transformaram os recursos naturais num objeto de exploração intensiva, esgotando a terra, o subsolo, a água, a vegetação, bem como culturas e civilizações.

Neste aspecto, Porto-Gonçalves (2004) aponta que os recursos naturais, independentemente da localização, são apropriados e explo-

rados pelos países ricos e suas empresas transnacionais, fomentando o sistema capitalista e destruindo a essência da relação entre a sociedade e a natureza, que deveria acontecer por meio de significações socialmente instituídas. Além disso, o autor nos alerta sobre o antagonismo existente entre a ideia de desenvolvimento e o ambiente, uma vez que o desenvolvimento é sinônimo de dominação da natureza, agindo de forma impositiva sobre os diferentes povos, em busca da homogeneização global, desprezando suas identidades e culturas, a fim de disseminar o padrão cultural europeu e norte-americano, apresentados como supremos (Porto-Gonçalves, 2004).

Em suma, de acordo com Segrelles Serrano (2013), as atividades econômicas, sobretudo agropecuárias, não são a causa dos problemas ambientais, mas a forma como são praticadas pelos seres humanos, que é dentro da lógica capitalista. Para o autor, essas atividades são necessárias para a segurança alimentar da sociedade e podem ser benéficas para a natureza, uma vez que, realizadas de acordo com o tempo da natureza, podem promover adubação da terra e disseminação de espécies, fortalecendo os ecossistemas. Todavia, é necessário saber fazer o uso dos recursos respeitando o tempo dos ciclos da natureza, para que esta seja capaz de renovar seus recursos naturais, sendo esse tempo diferente daquele implicado pela visão de acumulação do capital, como salienta Casseti (1995). Logo, aprofundaremos o debate acerca da multifuncionalidade rural como uma possibilidade de recuperar áreas degradadas e manejar adequadamente os recursos naturais.

Estudo de caso da multifuncionalidade rural na província de Alicante, Espanha

De acordo com Segrelles Serrano (2017), para a prática da multifuncionalidade rural, é necessário conhecer muito bem o território em que se está trabalhando e compreender a realidade vivida pela população local, para, então, propor ou incentivar as novas funções possíveis de serem estabelecidas. Esse ponto é de grande relevância, pois, se esse processo for feito de maneira vertical, imposto por autoridades que não compreendem as particularidades do local de interesse, pode haver a substituição de funções, trazendo problemas socioambientais em longo prazo, como será apresentado posteriormente, com o caso da União Europeia. Nesse mesmo trabalho, o autor defende que a prática da multifuncionalidade,

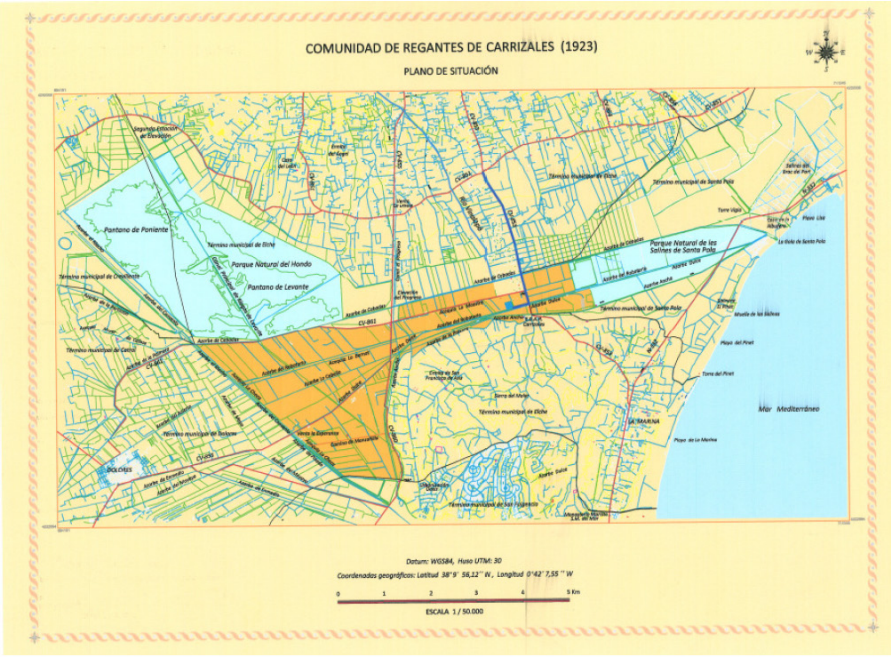
bem estruturada na América Latina, resultaria na diversificação econômica das áreas rurais, possibilitando ao agricultor a obtenção de uma renda complementar, solucionando os problemas sociais que assolam esses países, como a pobreza rural e a insegurança alimentar.

Esses problemas, conforme Segrelles Serrano (2007, 2015), são ocasionados pela expansão da economia mundial, da globalização, do neoliberalismo e da abertura comercial que vem sufocando a agricultura tradicional, campesina e familiar, estabelecendo enormes áreas de monocultivo agroexportador em todo o território latino-americano. Segundo o autor, é impossível falar de multifuncionalidade sem solucionar o problema da concentração de terras, que acarreta a marginalização do pequeno agricultor que sofre com o aumento dos custos de produção e a falta de rentabilidade, estando inserido em um contexto de concorrência desleal com a agroindústria detentora do poder quase absoluto do setor agrário, a qual não está necessariamente produzindo alimentos para a população.

Segrelles Serrano (2013) defende que, para a efetivação da multifuncionalidade rural, é preciso garantir que as múltiplas funções adotadas sejam complementares umas com as outras, e não substitutivas, ou seja, substituir uma atividade rural por outra sempre vai demandar recursos naturais em excesso, descaracterizando o princípio da multifuncionalidade de aproveitar as possibilidades simultaneamente.

O autor traz o exemplo do Parque Natural Agrário Los Carrizales, localizado entre dois parques naturais protegidos, o El Hondo e o Las Salinas (Figura 1), no município de Elche (234 mil habitantes), província de Alicante, Espanha. Esse espaço, criado em 2008, foi uma iniciativa dos produtores locais, que tinham como objetivo harmonizar o aproveitamento agropecuário e a conservação ambiental (Segrelles Serrano, 2013).

Figura 1 – Mapa de localização do Parque Natural Agrário Los Carrizales (2009), Elche, Espanha



Fonte: Segrelles Serrano (2013)

De acordo com Segrelles Serrano (2013), o parque é um caso destacável de equilíbrio entre o desenvolvimento da atividade agropecuária e proteção da paisagem natural, mantendo a biodiversidade e o dinamismo da natureza. O autor aponta que esse equilíbrio é possível, pois os produtores compreendem que as atividades agropecuárias fazem parte da dinâmica da natureza, além de gerarem paisagens culturais que fortalecem a identidade do local (Figura 2).

Figura 2 – Entorno do Parque Natural Agrário Los Carrizales, Elche, Espanha

Fonte: trabalho de campo, 14/10/2022

Los Carrizales é um exemplo de que a relação entre os seres humanos e a natureza não precisa ser baseada na exploração e no esgotamento dos recursos naturais, desde que se realize de forma respeitosa com os ciclos e necessidades de cada um. Então, é possível verificar a existência de uma paisagem natural, agrária e cultural equilibrada, uma vez que as atividades econômicas são praticadas considerando a conservação da natureza (Segrelles Serrano, 2013).

A categoria de parque agrário não é regulamentada pela lei dos parques nacionais, mas é mantida pelos produtores locais que tomaram a iniciativa de estabelecer o equilíbrio e cooperação entre a conservação da natureza e as atividades agropecuárias. Além disso, estar entre dois parques protegidos possibilita maior proteção aos pequenos agricultores do Los Carrizales. Quanto às características desse local, trata-se de uma área de solo encharcado e salino, com grande manifestação de vegetação rasteira, sobretudo os *carrizos* (Figuras 3 e 4), que atraem diversas espécies de aves aquáticas; estes são utilizados para cobertura de cabanas, confecção de cercas e dão nome ao parque.

Figura 3 – Vegetação de *carrizos*, Elche, Espanha

Fonte: trabalho de campo 14/10/2022

Figura 4 – Zona de solo encharcado e vegetação de *carrizos* ao fundo, Elche, Espanha

Fonte: trabalho de campo 14/10/2022

Em relação ao uso do solo, a área é dividida em superfície de cultivo, que representa 60% do total, e superfície não cultivada, 40%. A agricultura é a principal atividade local e é praticada de maneira que mantém as características naturais da paisagem, possibilitando que os produtores vivam da terra com dignidade, ao mesmo tempo que são responsáveis com o ambiente. Na visão do autor, esse fator é de extrema importância para que a área não retroceda no aspecto agrícola, porque, uma vez que isso ocorra, o campo ficará desnaturalizado e sofrerá o avanço do turismo, que provoca uma utilização lúdica dos valores ambientais e naturais, impactando o ambiente.

O parque possui uma área total de aproximadamente 1.300 hectares e combina muitas formas de aproveitamentos. Entre os principais estão: palmeiras, alcachofra, romã, brócolis, oliveiras, melão, romanesco, árvores frutíferas, batatas, cerais como trigo, aveia e cevada, além de alfafa e plantas forrageiras destinadas a alimentação do gado ovino e caprino. Estes são criados para a produção de leite, queijos e produtos lácteos, enquanto a terra se beneficia de seu esterco como adubo.

Por estar situado numa área de salinas, o solo possui nutrientes específicos que proporcionam características marcantes para alguns dos cultivos, como a romã e o melão, que concentram muita água e açúcar em sua composição, sendo especialmente doces. O aproveitamento desse fator faz com que esses produtos sejam diferenciados e bastante requisitados, uma vez que os produtores buscam formas de divulgar sua qualidade e peculiaridade.

Além de desenvolver os cultivos agrícolas tradicionais, os produtores possuem uma preocupação em recuperar espécies nativas, as quais têm desaparecido do entorno, muitas delas utilizadas tradicionalmente na confecção de cosméticos. Aliado a isso, eles passaram a investir também na produção desses artefatos de maneira ecológica, complementando a renda, ao passo que protegem as espécies.

Em suma, a organização dos agricultores de Los Carrizales não segue a lógica de acumulação de capital a qualquer custo, o princípio básico é a combinação da atividade agropecuária, o uso social do território, a proteção da biodiversidade e dos valores paisagísticos, culturais e naturais do entorno (Segrelles Serrano, 2013). Eles mantêm a agricultura como elemento fundamental da conservação da biodiversidade e do ecossistema, além de desenvolverem a transformação dos produtos in loco, evitando

a inserção na cadeia produtiva industrial e a produção de resíduos, para manter a qualidade do que vendem e a proteção do ambiente.

Pode-se dizer que esses agricultores respeitam os ciclos da natureza, compreendendo que os cultivos agrícolas são provedores de abrigo para diversas espécies faunísticas, as quais são dispersoras de espécies vegetais. Além disso, os cultivos se transformam em alimentos para as famílias, para a comercialização e para os animais; estes, por sua vez, auxiliam na fertilização da terra, assim como os resíduos orgânicos gerados pelas pessoas no seu cotidiano e na transformação de matéria-prima em produtos ecológicos.

Durante o período de intercâmbio em Alicante, Espanha, foi realizado um trabalho de campo no local, o que possibilitou uma entrevista, de forma livre, com o responsável pelo movimento de criação do parque Los Carrizales, o senhor Juan Manoel Montaner. Ele é um pequeno agricultor, formado em biologia, que se preocupa com o meio ambiente e busca produzir de forma respeitosa com os ciclos da natureza e praticar ações que promovam a biodiversidade, como a adubação natural com o esterco e o plantio de árvores que atraem animais que disseminam sementes.

Juan Manoel contou que o parque surgiu como uma iniciativa de 400 agricultores organizados em torno da *Comunidad de Regantes de Carrizales*, que se utilizaram do modelo de multifuncionalidade, buscando desenvolver a atividade econômica em equilíbrio com a conservação da biodiversidade e a integridade do ecossistema. O princípio desses produtores rurais é aproveitar as lacunas do sistema capitalista para gerar renda utilizando todas as oportunidades que o entorno oferece, sem agredir o meio e mantendo a agricultura como principal atividade. Isso se fundamenta na ideia de produzir sem destruir a paisagem e o território, pois eles acreditam que a paisagem agrícola faz parte da natureza e é consequência do dinamismo das atividades, gerando paisagens culturais de grande valor.

Ainda, o entrevistado disse que, para prosperar, não teve ambição de ser latifundiário ou receber ajuda do governo, ele se baseou no princípio de aproveitar cada uma das possibilidades que o entorno oferece, elevando sua qualidade e agregando valor no seu produto. Seu diferencial foi o melão e a romã extremamente doces, devido à característica singular do solo salino, o que faz com que as frutas concentrem água e açúcar dentro delas, tornando-as doces e suculentas. Então, o produtor criou um selo de qualidade para identificar seu produto e foi em busca da imprensa local

a fim de fazer a divulgação gratuita ou muito barata dos seus produtos, criando ali uma marca com identidade própria. Durante a entrevista, Juan Manoel ressaltou muitas vezes a questão do marketing, afirmando que é nisso que os pequenos agricultores devem apostar para ganharem mercado produzindo em pequena escala com respeito ao ambiente.

Esse processo observado no Parque Natural Agrário Los Carrizales é um modelo da aplicação do conceito de multifuncionalidade, em que os produtores aproveitam toda e cada uma das possibilidades que são oferecidas pelo espaço rural, com o objetivo de garantir o equilíbrio entre a conservação do ambiente, a melhoria das condições de vida das populações rurais, a produção de alimentos e a manutenção dos produtores no campo. De acordo com Canales Martínez e Segrelles Serrano (2010), esse modelo de gestão foi possibilitado pela vontade de conservar o território, garantir a utilização do solo para a utilização agropecuária e fomentar o desenvolvimento rural. Assim, foi colocado em prática o "agroecossistema", pautado numa visão integral de todos os elementos presentes no espaço, abarcando aspectos sociais, ambientais, econômicos, políticos e culturais, como prevê a multifuncionalidade.

Possibilidades de multifuncionalidade rural no Brasil

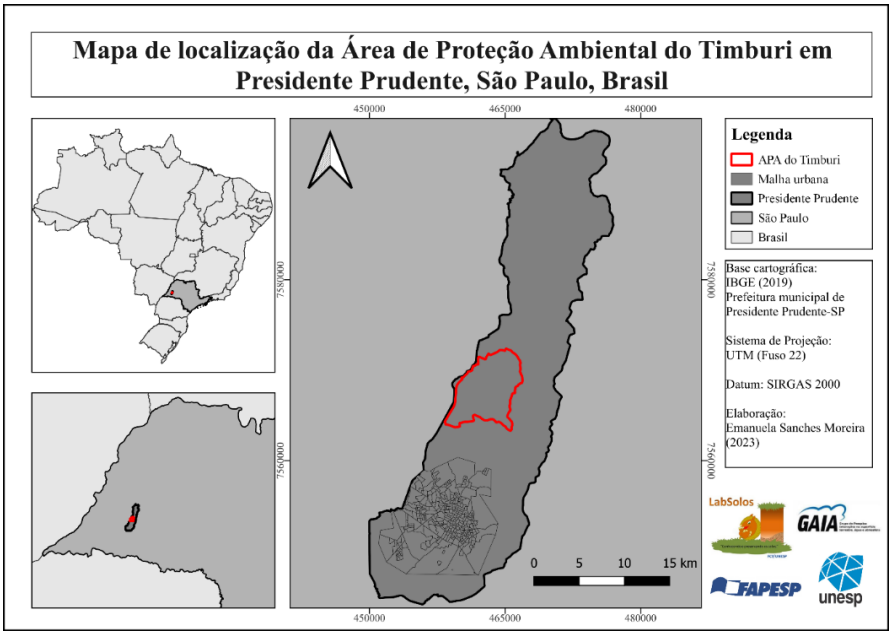
Camargo e Oliveira (2012) trazem um exemplo de multifuncionalidade no Brasil, localizado no município de Ouro Fino, em Minas Gerais, onde os agricultores familiares combinam cultivos anuais e perenes, criação de animais, manchas de mata nativa preservada e manifestações culturais, como festas religiosas, que atraem visitantes anualmente. Os autores argumentam que a multifuncionalidade da agricultura representa a chamada nova ruralidade, significando que o rural não é apenas um local onde as atividades agrícolas se realizam, mas também é espaço de valorização da paisagem, ambiente, sociedade e tradições culturais. Além disso, eles ressaltam que "no Brasil a multifuncionalidade vem sendo defendida como instrumento de política pública para o apoio e promoção da agricultura familiar" (Camargo; Oliveira, 2012, p. 1.710), mostrando que nosso país é capaz de desenvolver esse modelo agropecuário de forma benéfica, mesmo com tantas contradições e desigualdades fundiárias.

Carneiro e Maluf (2003) também defendem a aplicação da multifuncionalidade no desenvolvimento da agricultura familiar por meio do

incentivo público. Os autores se fundamentam na noção de que a multifuncionalidade amplia as funções do meio rural, que se torna responsável pela conservação dos recursos naturais e do patrimônio natural, além de produzirem os bens agrícolas e garantirem a qualidade dos alimentos. Enquanto Maluf (2003) sintetiza que a multifuncionalidade deve fomentar a agricultura familiar através de uma abordagem multifacetada, em busca de erradicar problemas como a distribuição desigual de terras e os elevados níveis de pobreza rural no Brasil.

Em suma, é possível pensar em trabalhar a multifuncionalidade para além da teoria, aplicando-a como forma de política pública, inicialmente, em escala local, como foi proposto por Moreira (2023), para a Área de Proteção Ambiental (APA) do Timburi. Este recorte territorial, que está localizado no município de Presidente Prudente/SP (Figura 5), foi palco de uma série de estudos acerca das suas características ambientais, além da elaboração de uma coletânea de bases cartográficas, mapeamento temático e projetos de recuperação das áreas degradadas por processo erosivos, através da implantação de técnicas de bioengenharia.

Figura 5 – Localização da APA do Timburi em Presidente Prudente

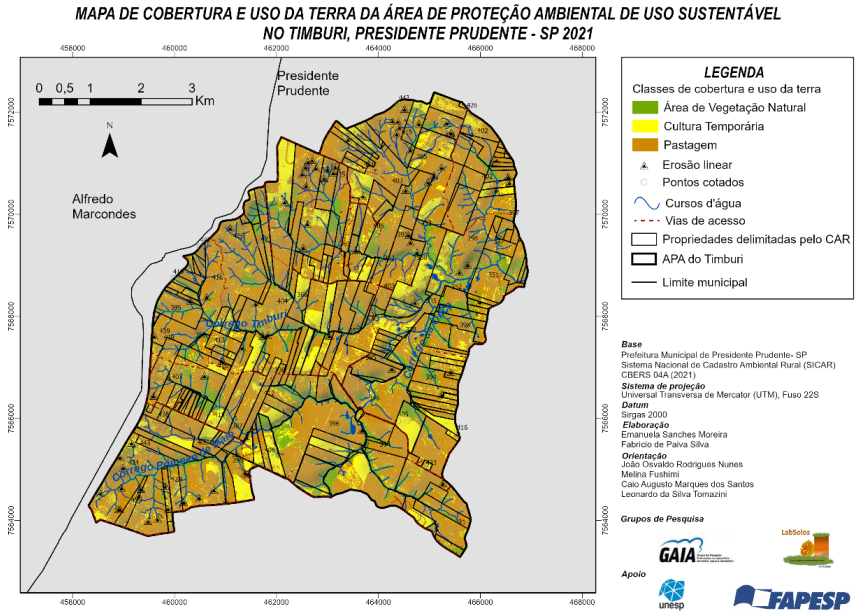


Fonte: Moreira (2023)

Essas pesquisas foram desenvolvidas por alunos e professores da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Presidente Prudente, cujos resultados foram publicados por Costa, Moreira e Nunes (2023); Fushimi, Oliveira e Nunes (2023); Gonçalves (2021); Gonçalves e Moreira (2021); Lopes e Silva (2022); Moreira (2021); Moreira *et al.* (2020); Moreira e Costa (2023); Moreira e Nunes (2023); Moreira e Segrelles Serrano (2023); Moreira e Thomazini (2021); Moreno (2022); Nunes (2019); Nunes *et al*. (2021), Thomazini e Moreira (2021), entre outros. Moreira (2023) ampliou a perspectiva, analisando a APA do Timburi a partir do conceito de território, em que o espectro de análise passou a ser não só a natureza, mas a sociedade e como ambas se relacionam. Foi feito o levantamento socioeconômico, por meio de entrevistas com os moradores e com o poder público. Posteriormente, foram analisadas as demandas socioambientais em confronto com as soluções previstas na lei de homologação da APA. Então, aprofundou-se o debate acerca do conceito de multifuncionalidade rural, o qual supre os objetivos da APA, mas necessita ser praticado em consonância com o Plano de Manejo.

A APA do Timburi é um território cuja apropriação do relevo está restringida a poucas atividades agrícolas e pecuárias, Figuras 6, 7 e 8, mas possui um enorme potencial para a diversificação de funções complementares, em virtude de suas características físicas, ambientais, sociais, históricas e econômicas. Essa área é composta por pequenas e médias propriedades que não estão inseridas no contexto de distribuição fundiária desigual, mas, ainda assim, pode sofrer com a pressão da agroindústria que estimula produtores de pequeno e médio porte a arrendarem suas terras, abandonarem o campo, ou mesmo produzirem o que é de interesse do mercado exterior, para somar ao grande capital.

Figura 6 – Cobertura e uso da terra da APA do Timburi, 2021



Fonte: Moreira (2023)

Figura 7 – (A) Plantações de batata-doce na APA do Timburi; (B) Predomínio de pastagens na paisagem da APA do Timburi

Fonte: Moreira (2023)

Isso gera problemas sociais no campo, uma vez que se abdica de produzir o que é sustento para as famílias e passa-se a produzir commodities compradas por grandes empresas que pagam valores mínimos aos

produtores. Por isso, mesmo as pequenas propriedades podem sofrer as consequências do livre mercado, e uma forma de protegê-las é potencializando as múltiplas funções possíveis de forma simultânea em cada área, como: agricultura, pecuária, produção organizada, produções artesanais, turismo rural e valorização da paisagem, sempre em consonância com o mercado de proximidade.

Então, passou-se a pensar em formas de aplicar a multifuncionalidade rural na APA do Timburi, a fim de atingir os objetivos previstos na Lei Complementar nº 235, que são: proteger a diversidade biológica, organizar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (Presidente Prudente, 2019). O caminho para essa proposta seria por meio de políticas públicas que visem desenvolver o Plano de Manejo com base nos princípios de garantir o equilíbrio entre a conservação do ambiente, a melhoria das condições de vida das populações rurais, a produção de alimentos e a manutenção dos produtores no campo.

A APA do Timburi tem potencialidades a serem exploradas na diversificação de funções como, por exemplo, algumas propriedades onde são cultivados mais de um tipo de alimento, criados vários animais e confeccionados produtos derivados de leite, como o queijo. É possível pensar em expandir um modelo de diversificação das funções, em que os produtores rurais tiram da terra seu sustento, sem agredir o meio ambiente, aproveitando cada insumo de inúmeras maneiras, como as frutas para consumo e produção de doces, o leite para venda e elaboração de derivados e um rebanho que vai além da criação exclusiva de bovinos. Também é interessante pensar na possibilidade de fomentar o turismo rural ecológico, por meio da implementação de ciclovias, sinalização das estradas, investimento na recuperação de paisagens naturais e promoção de festas típicas na capela do bairro Timburi.

A grande dificuldade de uma proposta como essa é a falta de incentivo público, alegando-se falta de verbas, além da falta de participação da população na tomada de decisões e a desarticulação do Conselho Gestor, dificultando a implementação do Plano de Manejo. Se os moradores locais se articulassem, seria possível a promoção de uma economia solidária e a conservação do ambiente em que estão inseridos. No entanto, a desarticulação e a forma de pensar dos pequenos produtores é reflexo do modo de produção intensivo em que nosso país está inserido, uma vez que o modelo utilizado pelos grandes latifundiários é reproduzido em pequenas

produções. Ou seja, o esgotamento dos recursos naturais acontece para todos, com a diferença de que os grandes possuem capital para reparar os danos que lhes causam prejuízo em curto prazo, enquanto os pequenos sofrem as consequências rapidamente, sem condições de manterem a regularidade da produção.

Além dos enormes prejuízos econômicos, os problemas ambientais se instalam de maneira a refletirem na renda das pessoas por muito tempo (Figura 9). Isso acontece porque uma pequena propriedade que possui mais gado do que seu solo suporta sofrerá com a compactação, erosão, sedimentação, infertilidade e, possivelmente, com o desaparecimento de nascentes d'água. Por isso, diversificar as funções das propriedades rurais seria uma solução, pois diminuiria o tamanho dos rebanhos, complementando a renda de outras formas.

Figura 9 – Erosão linear em terreno de trânsito de bovinos

Fonte: Moreira (2023)

Como dito anteriormente, para isso acontecer, é necessário o envolvimento da população nas decisões, sobretudo na construção do Plano de Manejo que irá reger o território no qual essas pessoas estão inseridas. Assim, é possível elaborar projetos que vão de encontro com a realidade vivida no local. Para atingir esse nível de organização, é preciso que o poder

público articule o conselho gestor da APA para estar em contato com os moradores e trazer incentivos para essas pessoas, como cursos de capacitação para extrair renda de variadas atividades, atender as demandas da comunidade e investir em melhorias para o bairro.

Do ponto de vista teórico, a multifuncionalidade rural já existe na APA, em acordo com os objetivos da lei de homologação dela (Presidente Prudente, 2019). Portanto, é preciso colocar em prática as ideias previstas no papel, por meio de projetos de políticas públicas, sobretudo a construção do já citado Plano de Manejo. Essa construção precisa acontecer de forma participativa e baseada na busca pelo equilíbrio entre as atividades econômicas diversificadas e a conservação da paisagem natural, sem sobrepor uma função a outra, o que é um desafio, mas em escala local a experiência tem grandes chances de ser positiva.

Considerações finais

Considerando que este capítulo é recorte de uma pesquisa mais extensa e complexa, o assunto não se esgota nestas páginas. A diversificação das funções do meio rural é um dos caminhos possíveis para solucionar os problemas ambientais causados pelo esgotamento dos recursos naturais, contudo é preciso analisar cada caso de forma independente.

Para que a multifuncionalidade rural aconteça, é importante conhecer todas as possibilidades do espaço trabalhado, bem como a população, seu modo de vida e suas demandas, como foi feito na APA do Timburi em Moreira (2023). Após esse levantamento socioambiental é que podemos construir propostas para sejam executadas em comunidade, seguindo o exemplo do Parque Natural Agrário Los Carrizales, uma vez que ambas as áreas são compostas por pequenos produtores, rica biodiversidade e alto potencial de diversificação das funções.

Ainda assim, existem riscos e dificuldades, como no caso da Espanha, onde muitos produtores rurais estão migrando para as cidades e as antigas propriedades estão se transformando em complexos turísticos. O ramo imobiliário e hoteleiro está substituindo as áreas de produção agrícola, fazendo com que a água seja o recurso natural mais explorado, para suprir a alta demanda de turistas, sobretudo na região da costa da província de Alicante.

Já na APA do Timburi, os principais desafios para a efetivação de um projeto assim são a falta de recursos financeiros, de preparo dos agen-

tes públicos e de engajamento da população na construção do Plano de Manejo. Atualmente, o modelo agropecuário difundido no Brasil interfere na produção de todas as escalas, ou seja, os pequenos produtores lidam com os recursos naturais da mesma forma que os grandes latifundiários, gerando o esgotamento do solo, da vegetação e da água. Logo, é preciso fazer um trabalho de base com os pequenos produtores, conscientizando-os da importância de diversificar as funções da terra e respeitar os ciclos da natureza para que não lhes falte recursos naturais para a subsistência.

Seguindo esse caminho, é possível enxergar um cenário onde seja consolidado um conselho gestor engajado, capaz de elaborar um Plano de Manejo que beneficie a população e o ambiente em que estão inseridos. Para isso, é necessário o incentivo do poder público, para que todo o potencial de uma APA seja explorado em consonância com os princípios da multifuncionalidade rural.

Portanto, é preciso o investimento do poder público em educação ambiental, incentivo, treinamento e capacitação dos pequenos produtores e na destinação dos produtos, além de parcerias com as universidades e os movimentos sociais, para que a população entenda de forma prática e técnica a eficiência do modelo de multifuncionalidade rural e a importância da conservação do meio ambiente para a manutenção da produção de qualidade. Também é necessário compreender a causa dos problemas ambientais estudados para poder trabalhar a multifuncionalidade na qualidade de solução, uma vez que esse conceito tão amplo possui inúmeras ramificações.

Agradecimentos

Agradecimento à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pela bolsa de mestrado concedida por meio do Processo 2021/00194-6 e a Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE), Processo 2022/00293-7.

Referências

CAMARGO, R. A. L.; OLIVEIRA, J. T. A. Agricultura familiar, multifuncionalidade da agricultura e ruralidade: interfaces de uma realidade complexa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1.707-1.714, set. 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/9w8MsqzV7TMSsmL3KW57C4r/?lang=pt. Acesso em: nov. 2022.

CANALES MARTÍNEZ, G.; SEGRELLES SERRANO, J. A. Situación actual y perspectivas de futuro de un paisaje cultural: la Huerta del Bajo Segura (Alicante). *In*: CONGRESO DE GEOGRAFÍA RURAL, 15., 2010, Cáceres, España. **Anales** [...]. Cáceres, España: Universidad de Extremadura, 2010. p. 1-14. Disponível em: http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/13915. Acesso em: out. 2022.

CARNEIRO, M. J.; MALUF, R. S. Introdução. *In*: CARNEIRO, M. J.; MALUF, R. S. (org.). **Para além da produção**: multifuncionalidade e agricultura familiar. Rio de Janeiro: Mauad, 2003. p. 17-27.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995.

CASSETI, V. Ciência e ambiente. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 13, n. 1, p. 1-10, jan./dez. 1993.

CASSETI, V. O relevo no contexto ideológico da natureza: uma nota. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 14, n. 1, p. 1-10, jan./dez. 1994.

COSTA, H. R. O.; MOREIRA, E. S.; NUNES, J. O. R. O uso da terra por atividades agropecuárias e seu impacto sobre bacias hidrográficas. **GeoGraphos**, Alicante, Espanha, v. 14, n. 154, p. 64-90, 2023.

FUSHIMI, M.; OLIVEIRA, R. C.; NUNES, J. O. R. Atribuição de pesos aplicada à vulnerabilidade ambiental à erosão linear: estudo de caso nas bacias hidrográficas do Rio dos Cachorros (São Luís-MA) e do Córrego Timburi (Presidente Prudente-SP). **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 27, p. 1-23, 2023.

GONÇALVES, T. H. **Áreas de preservação permanente fluviais na área de proteção ambiental do Córrego Timburi, município de Presidente Prudente/SP**. 2021. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2021.

GONÇALVES, T. H.; MOREIRA, E. S. **O impacto da agropecuária sobre a bacia hidrográfica do Córrego Timburi, na APA do Timburi, Presidente Prudente-SP**. Trabalho apresentado ao Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas, 8., 2021, Goiânia. *E-book*.

LIMA, A. V. de. Agricultura a tempo parcial e multifuncionalidade do rural: novas perspectivas para o desenvolvimento rural? *In*: CONGRESSO DE ESTUDOS RURAIS, 3., 2007, Faro, Portugal. **Anais** [...]. Faro: Universidade do Algarve, 2007. p. 1-10. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268401943_Agricultura_a_Tempo_Parcial_e_Multifuncionalidade_do_Rural_Novas_Perspectivas_para_o_Desenvolvimento_Rural. Acesso em: nov. 2022.

LOPES, G. F.; SILVA, L. C. M. da. **Recuperação de área degradada por meio de técnicas de bioengenharia na área de proteção ambiental do Timburi, Presidente Prudente-SP**. 2022. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2022.

MALUF, R. A multifuncionalidade da agricultura na realidade rural brasileira. *In*: CARNEIRO, M. J.; MALUF, R. (org.) **Para além da produção**: multifuncionalidade e agricultura familiar. Rio de Janeiro: Mauad, 2003. p. 135-152.

MOREIRA, E. S. **Análise e diagnóstico socioambiental da área de proteção ambiental do Timburi para uma proposta de multifuncionalidade rural**. 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2023.

MOREIRA, E. S. **Elaboração de bases cartográficas como subsídio para implantação de projetos de recuperação de áreas degradadas na área de proteção ambiental de uso sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente-SP**. 2021. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2021.

MOREIRA, E. S. *et al.* Análise da ocorrência de feições erosivas lineares na área de proteção ambiental (APA) do Timburi, Presidente Prudente (SP). **Geografia**, Rio Claro, v. 45, n. 1, p. 163-184, jan./jun. 2020. Disponível em: http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/15397/11798. Acesso em: 19 mar. 2025.

MOREIRA, E. S.; COSTA, H. R. O. Apropriação do relevo e uso inadequado de recursos naturais: reflexões sobre os impactos do capitalismo no ambiente. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO, 4., Seminário de Pós-Graduação em Geografia, 16., 2023, Rio Claro, SP. **Anais eletrônicos** [...]. Rio Claro: CBOE, 2023. p. 423-435.

MOREIRA, E. S.; NUNES, J. O. R. O impacto do uso da terra nas características dos solos na APA do Timburi, Presidente Prudente-SP. **Geofronter**, Campo Grande, v. 9, p. 19, p. 1-18, 2023.

MOREIRA, E. S.; SEGRELLES SERRANO, J. A. La explotación agrícola y ganadera y la degradación de los suelos en el interior del estado de São Paulo, Brasil. *In*: GUSMAN, Y. *et al.* **América Latina ante los (nuevos) retos de la justicia social y ambiental**. Madrid: Asociación Española de Geografía, 2023. p. 105-120.

MOREIRA, E. S.; THOMAZINI, L. S. O uso do geoprocessamento como instrumento de identificação de áreas degradadas: o caso da área de proteção ambiental do

Timburi, Presidente Prudente-SP. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA, 14., 2021, Campina Grande. **Anais eletrônicos** [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2021. p. 1-16. Disponível em: https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/77920. Acesso em: 19 mar. 2025.

MORENO, M. S. **Classificação de antropossolos e recuperação de áreas degradadas por erosão acelerada na área de proteção ambiental do Timburi, município de Presidente Prudente/SP**. 2022. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2022.

NUNES, J. O. R. **Recuperação de áreas degradadas da área de proteção ambiental de uso sustentável no Timburi, município de Presidente Prudente – SP**. Presidente Prudente: [*s. n.*], 2019. Projeto Regular financiado pela Fapesp (Processo: 2019/12164-4).

NUNES, J. O. R. *et al.* **Recuperação de áreas degradadas da área de proteção ambiental de uso sustentável no Timburi, município de Presidente Prudente – SP**. Presidente Prudente: [*s. n.*], 2021. Relatório final do Projeto Regular financiado pela Fapesp (Processo: 2019/12164-4).

PORTO-GONÇALVES, C. W. **O desafio ambiental**. Rio de Janeiro: Record, 2004.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 1989.

PRESIDENTE PRUDENTE. Lei Complementar nº 235, de 13 de março de 2019. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental do Timburi, e dá outras providências. *In*: PRESIDENTE PRUDENTE. **Leis e decretos municipais**: Presidente Prudente: prefeitura municipal, 2019.

ROSSI RODRÍGUEZ, V. Multifuncionalidad y desarrollo rural sustentable: oportunidades y desafíos del agro uruguayo. *In*: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE SOCIOLOGÍA, 26., 2007, Guadalajara, México. **Anales** [...]. Guadalajara, México: Asociación Latinoamericana de Sociología, 2007. p. 1-15. Disponível em: https://cdsa.aacademica.org/000-066/354. Acesso em: nov 2022.

SEGRELLES SERRANO, J. A. Agricultura periurbana, parques naturales agrarios y mercados agropecuarios locales: una respuesta territorial y productiva a la subordinación del campo a la ciudad. **Scripta Nova**, Barcelona, España, v. 19, n. 502, p. 1-35, 2015. Disponível em: http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/44522. Acesso em: set 2022.

SEGRELLES SERRANO, J. A. Conservación ambiental y aprovechamiento agropecuario: el caso del parque natural agrario "Los Carrizales" (Elche, Alicante). **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, Madrid, España, v. 62, p. 295-316, 2013. Disponível em: http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/28101. Acesso em: nov. 2021.

SEGRELLES SERRANO, J. A. La multifuncionalidad rural: realidad conflictiva en la Unión Europea, mito en América Latina. **Ería**, Oviedo, España, v. 72, p. 89-99, 2007. Disponível em: http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/3365. Acesso em: set. 2021.

SEGRELLES SERRANO, J. A. Las ayudas agrarias y sus repercusiones sobre la agricultura familiar en la última reforma de la Política Agraria Común (2014-2020) de la Unión Europea: ¿cambiar todo para que todo siga igual? **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, Madrid, España, v. 74, p. 161-183, 2017. Disponível em: http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/68461. Acesso em: out. 2022.

SUERTEGARAY, D. M. A. Debate contemporâneo: geografias ou geografia? Fragmentação ou totalização. **Geographia**, Niterói, v. 19, n. 40, p. 95-102, 2017.

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço geográfico uno e múltiplo. **Scripta Nova**, Barcelona, Espanha, n. 93, p. 1-10, jul. 2001.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geomorfologia: novos conceitos e abordagens. *In*: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., FÓRUM LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 1., 1997, Curitiba. **Anais** [...]. São Paulo: TEC ART Editora, 1997. p. 24-30.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Meio, ambiente e geografia**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2021.

SUERTEGARAY, D. M. A.; DE PAULA, C. Q. Geografia e questão ambiental, da teoria à práxis. **Ambientes**, Francisco Beltrão, v. 1, n. 1, p. 79-102, 2019.

THOMAZINI, L. S.; MOREIRA, E. S. Análise do uso da bioengenharia na contenção de erosões lineares: ocaso da APA do Timburi, Presidente Prudente/SP. *In*: ENANPEGE, 14, 2021, Campina Grande. **Anais eletrônicos** [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2021. p. 1-16. Disponível em: https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/77919. Acesso em: 29 mar. 2025.

EROSÃO E TRANSFORMAÇÕES EM CORPOS HÍDRICOS URBANOS DE DRACENA/SP: UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA

Gustavo Fávaro Lopes
Marco Antonio Saraiva da Silva
João Osvaldo Rodrigues Nunes

Introdução

A erosão é uma dinâmica natural que, há milhares de anos, promove modificações na superfície terrestre. Essas modificações ocorrem a partir da ação das forças das águas, como as dos rios, das precipitações, do derretimento das geleiras, das ações dos ventos, entre outros. Por uma questão gravitacional, independentemente do agente erosivo, as partículas que se desagregam são transportadas e depositadas nas partes mais baixas dos relevos. Cabe dizer que a erosão geológica, à qual se aplica essa dinâmica, possibilitou o esculpimento de montanhas e a deposição dos sedimentos nas áreas das planícies aluviais (Lepsch, 2021).

Entre as diferentes estruturas que interferem nas taxas de erosão e, consequentemente, na estruturação dos solos, as formações vegetais possuem um papel fundamental. Sabe-se que, salvo as particularidades e especificidades das diferentes espécies, nos locais em que existem áreas vegetadas, a erosão ocorre de forma mais lenta, equilibrada, sendo mantida desta forma por milhares de anos (Lepsch, 2011). O resultado de muitas dessas dinâmicas se materializa nas paisagens, com destaque para as diferentes formas de relevo.

Quanto a isto, desde que a humanidade começou a se agrupar e formar grandes comunidades, o relevo, além da água, sempre teve um papel importante no processo de ocupação das terras, seja para a construção de moradias, comércios, edifícios públicos, arruamentos ou atividades agrícolas. De acordo com Girão e Corrêa (2004, p. 39-40):

> A apropriação do espaço pela sociedade evidencia a importância do relevo como fator de natureza antagônica, ora favorável à ocupação, ora apresentando feições e processos

> que desencorajam o mecanismo de ocupação por grupos humanos. Assim, o relevo tem um caráter restritivo a determinados tipos de ocupação humana. Entretanto, é inegável que o relevo se constitui em um elemento basilar para a expansão da humanidade, pois se apresenta como forma de suprir a necessidades primordiais de ocupação ou exploração de recursos de determinada área que, invariavelmente, acarretam alterações no estado original da mesma.

Diante do exposto, ao se ater o processo de urbanização, como destaca o estudo de Lacerda (2005), dividem-se as fases da urbanização em três períodos: pré-urbano, construção e urbano consolidado. No período pré-urbano existem poucas atividades de construção; mas, mesmo assim, ocorrem erosões e sedimentação dos corpos d'água.

No segundo período, o processo de erosão é intenso, mesmo com medidas mitigadoras. Isso ocorre devido aos solos expostos, resultantes de cortes e aterros nas áreas destinadas a edificações. Além disso, a implementação de infraestrutura para a construção de sistemas viários e a instalação da rede de drenagem, entre outros, também contribuem para o processo de erosão (Lacerda, 2005).

No terceiro período, por sua vez, a topografia do sítio urbano já se encontra completamente modificada, devido à impermeabilização das superfícies e à criação de drenagens artificiais. Algumas das consequências dessas modificações são o aumento de inundações a jusante e a diminuição da carga sedimentar advinda do meio urbano (Lacerda, 2005).

Vieira e Honda (2003) destacam que a erosão se intensifica ainda mais pela falta de infraestrutura adequada durante o processo de urbanização das cidades. Um exemplo dessa situação é a demora na pavimentação de ruas e calçadas, especialmente em áreas de maior inclinação. Em períodos de chuva, a velocidade da água superficial agrava o surgimento de feições erosivas nessas regiões. Quanto a isso, Tucci e Collischonn (1998) afirmam que:

> À medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorrem os seguintes impactos: (i) aumento das vazões máximas (em até 7 vezes, Leopold, 1968) devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies; (ii) aumento da produção de sedimentos devido a desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos (lixo); (iii) deterioração da qualidade da água, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.

Além desses impactos, a urbanização envolve mudanças físicas significativas na topografia natural do terreno, como cortes e aterros. Essas alterações podem criar áreas de risco, especialmente nas regiões de maior instabilidade. Peloggia (2017) explica que nesses aterros se formam terrenos tecnogênicos de agradação, compostos por materiais úrbicos (entulho), gárbicos (material orgânico), espólicos (materiais terrosos escavados e depositados), líticos (materiais rochosos de variações diversas) e sedimentares. A formação desses terrenos ocorre devido ao transporte e à deposição de materiais resultantes da ação direta do ser humano, que permanecem no local onde foram originados (Peloggia, 1998).

Para descrever como as áreas formadas por esse tipo terrenos são instáveis, principalmente por acúmulo de água no seu interior, Peloggia (1998) recorreu ao *Manual geotécnico* da Prefeitura de São Paulo. A criação de pressões neutras, como descreve o manual, pode ocorrer de três formas: pela infiltração de águas servidas ou pluvial, mediante vazamento de tubulação enterradas, a partir da própria água do terreno e por saturação (São Paulo, 1998).

Como pode ser observado, as intervenções humanas na natureza para a construção das cidades contribuem significativamente nos processos erosivos. Quando essas intervenções ocorrem no entorno dos corpos hídricos, uma das principais consequências é a instabilidade das margens, que acabam se tornando áreas de risco à ocupação. Além disso, dependendo da classe do solo, do volume de água, da declividade do relevo e do grau de entalhamento do curso hídrico, os processos erosivos podem se intensificar, chegando até a formar voçorocas.

Conforme já mencionado, as consequências das intervenções realizadas para a estruturação e ampliação das áreas urbanas extrapolam a escala local. Um exemplo disso são as enchentes, que, dependendo da intensidade das chuvas, podem causar problemas de inundações. Vale ressaltar que, diante do cenário de mudanças climáticas, essa tem sido a realidade de várias cidades do Brasil, incluindo Dracena/SP.

Muitos desses infortúnios são decorrentes de processos erosivos que assoreiam as calhas dos cursos hídricos, impedindo que comportem o volume de água que chega até eles. Sobre isso, sabe-se que a impermeabilização das superfícies, associada à falta de áreas de infiltração e à ausência de matas ciliares nas proximidades desses cursos, agrava esses processos. Ainda em relação às inundações, suas consequências geram perdas tanto materiais quanto imateriais. No entanto, quando se trata da

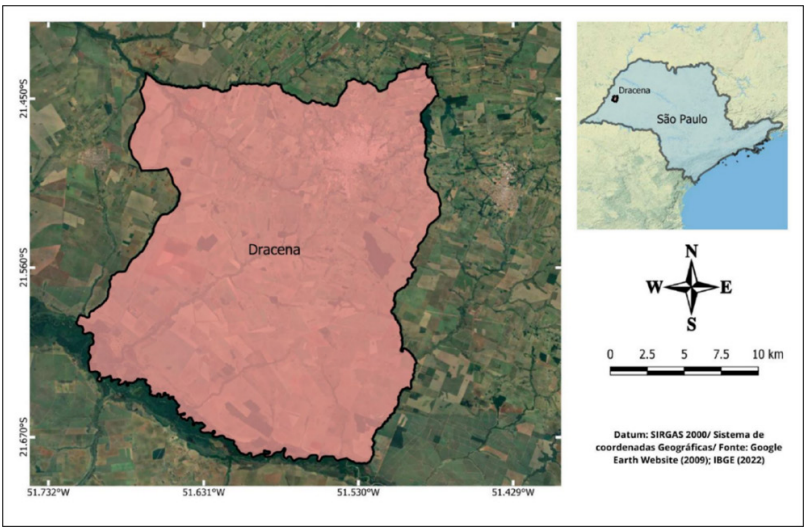
primeira categoria de perda, são as pessoas de menor poder aquisitivo que mais sofrem, pois dificilmente conseguem se reestruturar em um curto período de tempo sem ajuda.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi realizar um estudo de caso em dois corpos hídricos urbanos do município de Dracena: o Ribeirão das Marrecas, que foi o primeiro a sofrer intervenções, e o Córrego das Palmeiras, que passou por modificações nas últimas décadas devido à especulação imobiliária. Essa análise se faz necessária, pois, desde o surgimento da cidade, as erosões e o solapamento das margens desses cursos hídricos têm sido intensificados. Além disso, esses processos têm ocasionado problemas como alagamentos, enchentes, inundações, assoreamento das calhas dos corpos hídricos, poluição das águas, entre outros.

Área de estudo

O município de Dracena/SP (imagem da Figura 1), possui uma área territorial de 487,688 km², onde vivem 45.474 habitantes (IBGE, 2022). Seus municípios limítrofes são: Tupi Paulista, a norte; Piquerobi, Presidente Venceslau, Ribeirão dos Índios, a sul; Junqueirópolis, a leste; e Ouro Verde, a oeste (Dracena, 2023).

Figura 1 – Localização do município de Dracena



Fonte: Silva *et al.* (2024)

Com relação às características físicas, entre as morfoestruturas do Brasil, Dracena localiza-se nos domínios das bacias e coberturas sedimentares fenozoicas. Quanto à geologia, o Vale do Rio do Peixe e o Santo Anastácio cobrem praticamente todo o território do município, sendo que os Depósitos Aluvionares Holocênicos, Terraços Holocênicos e Pleistocênicos ocupam parcelas menores do território (Silva *et al.*, 2024).

Além disso, o município de Dracena está situado no Bioma da Mata Atlântica. No que diz respeito aos domínios morfoclimáticos, ele se encontra tanto nas faixas de transição quanto nos mares de morros (Silva *et al.*, 2024). Em relação aos solos, os mais comuns na região são o Latossolo Vermelho, o Argissolo Vermelho e o Gleissolo Háplico. De acordo com Dubreuil *et al.* (2018), o clima predominante, tanto no município quanto na região Oeste Paulista, é tropical quente e úmido (Aw). Quanto à vegetação, de acordo com o IBGE (2012), predomina a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia).

No contexto histórico, em 1945, a empresa colonizadora Fioravante, Spinardi & Vendramin Ltda. fundou o município com o intuito de dar suporte às atividades do campo nessa região (Silva, 2009). Alguns anos depois, a cidade recebeu a estrada de ferro da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (Lelis; Hespanhol, 2013), que foi inaugurada apenas em 1959 (Gil, 2007; Souza; Leite, 2021).

Entre as décadas de 1950 e 1960, a taxa de crescimento foi de 109,90%, com a população urbana ultrapassando a rural. O município se destacava em relação aos vizinhos mais antigos (Junqueirópolis e Tupi Paulista), pois já possuía diversos equipamentos e infraestrutura importantes, fatores que contribuíram para o aumento populacional (Santos, 1998; Silva, 2009).

Entre os anos de 1970 e 1980, ocorreu uma estagnação no crescimento populacional devido a uma forte geada, o que gerou a crise cafeeira (Santos, 1998; Silva, 2009). Nesse período, também houve a privatização da linha férrea seguida do seu desmonte (Souza; Leite, 2021). Com a crise cafeeira, a estrutura fundiária de Dracena passou por modificações, com a substituição gradual do cultivo de café pela produção de cana-de-açúcar e pastagem para a criação de gado (Lelis; Hespanhol, 2013).

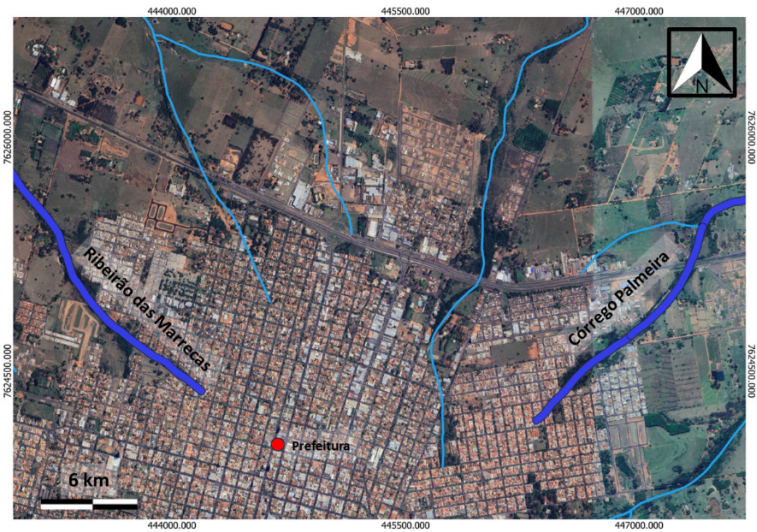
No período de 1980 a 1990, houve um novo aumento populacional, superior a 10%, impulsionado pelo êxodo rural (Silva, 2009). Esse fenômeno resultou em especulação imobiliária e no surgimento de novos loteamentos. Entre os anos de 2000 e 2010, a população cresceu cerca

de 16%, especialmente ao longo da linha férrea (Gil, 2007; Souza; Leite, 2021) e ao longo da rodovia Comandante João Ribeiro de Barros (SP-294).

Atualmente, o crescimento da malha urbana ocorre de forma dispersa, com novos condomínios e loteamentos em diferentes áreas do município. Dentre as consequências desse crescimento acelerado, destaca-se o aumento das áreas impermeáveis e a intensificação dos processos erosivos. Como já mencionado, esses processos não apenas causam o assoreamento dos cursos hídricos, mas também sobrecarregam as redes de drenagem, intensificando o solapamento das margens. Além disso, a poluição hídrica continua sendo uma grave questão, proveniente tanto de esgotos quanto de poluentes de origem fóssil, como os resíduos da combustão automotiva.

Esse cenário de degradação ambiental, impulsionado pela expansão urbana, é evidenciado nos dois corpos hídricos que foram analisados neste capítulo: o Ribeirão das Marrecas e o Córrego das Palmeiras. O primeiro foi ocupado desde a fundação do município de Dracena, enquanto a ocupação do segundo ocorreu mais recentemente, motivada pela valorização das terras ao redor, impulsionada por investimentos públicos e privados (Figura 2). Vale destacar que ambos os cursos hídricos desaguam no Rio Aguapeí, afluente do Rio Paraná.

Figura 2 – Córregos urbanos escolhidos para o estudo de caso



Fonte: os autores (2024)

Com relação aos corpos hídricos que foram trabalhados neste material, Facuri (2016) destacou os riscos geológicos presentes em três cidades, incluindo o município de Dracena. O autor observou que o solapamento das margens ocorre ao longo do Ribeirão das Marrecas, nos bairros Jardim do Éden/Kennedy, no Conjunto Habitacional Virgílio Fioravante e na Vila Lucélia.

Em outro estudo sobre os córregos urbanos na cidade de Dracena, Ramos *et al.* (2021) analisaram sete corpos hídricos, incluindo os abordados no presente estudo. Na pesquisa, os autores coletaram amostras de água em nascentes e áreas rurais para analisar as características biológicas. A maioria das análises de água obteve resultado de presença de *Coliformes Fecais e Totais* em todos os pontos, exceto para o olho d'água no Pesqueiro Neves, identificado como uma das nascentes do Ribeirão das Marrecas.

Os mesmos autores analisaram ainda o percurso dos corpos d'água, identificando diversos impactos causados pela urbanização e sugerindo formas de minimizá-los.

Metodologia

Para elaborar este estudo, realizou-se um extenso levantamento bibliográfico na área, abordando aspectos como a história social, os desafios ambientais urbanos contemporâneos no município, a especulação imobiliária e os terrenos tecnogênicos. O propósito foi evidenciar como a intervenção humana inadequada no ambiente pode potencializar fenômenos naturais e gerar problemas. Esse fator, entre outros, reforça a importância de um planejamento urbano eficaz.

No desenvolvimento, foram utilizadas imagens históricas do município de Dracena, obtidas de páginas de redes sociais dedicadas à cidade e do Acervo Histórico Municipal. Além disso, o uso do Google Earth e as fotografias capturadas durante os trabalhos de campo permitiram a visualização do avanço das erosões, soterramentos, problemas de enchentes e áreas de risco. Para classificar os terrenos tecnogênicos, adotou-se a tabela proposta por Peloggia (2017), visando a uma descrição mais precisa das alterações realizadas pelo ser humano.

A realização dos trabalhos de campo foi de extrema importância para a discussão e os resultados, pois os registros fotográficos e a análise da paisagem contribuíram para o desenvolvimento da escrita e permi-

tiram a comparação das transformações ao longo dos anos. Por sua vez, produção do material cartográfico foi feita no software QGIS, utilizando como referências as informações fornecidas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela Prefeitura Municipal de Dracena.

Resultados e discussões

No município de Dracena, diversos problemas decorrentes da drenagem urbana causaram impactos ambientais negativos, conforme relatado por Vieira e Honda (2003). Esses autores, descreveram a situação da rede de drenagem do Conjunto Habitacional Emílio Zanatta, onde dois pontos de lançamento de água pluvial do sistema de drenagem descarregam em áreas rurais, sem nenhum dispositivo para reduzir a velocidade da água, o que contribuiu para os processos erosivos.

O estudo desenvolvido por Medeiros, Miguel e Brugnolli (2014) revelou outro problema relacionado à perda de solo. A pesquisa do Córrego das Marrequinhas revelou uma geologia suscetível à erosão, especialmente devido ao aumento do cultivo de cana-de-açúcar nas proximidades do curso hídrico. Essa atividade agrícola intensificou as dinâmicas naturais.

Além disso, observou-se um processo significativo de degradação, originado tanto pela poluição proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) quanto pela localização da nascente dentro da área urbana, mais especificamente próxima à rodoviária, entre a Rua Martins Alfonso e a Avenida Rui Barbosa (Medeiros; Miguel; Brugnolli, 2014). Esses resultados destacam a complexidade dos impactos ambientais na região e a necessidade de intervenções eficazes para mitigar os danos.

Em outro estudo sobre o Córrego das Marrequinhas, conduzido por Silva Junior, Carvalho e Pinheiro (2017), foi observado um aspecto adicional preocupante. Eles relataram brevemente sobre a canalização do córrego em direção à área rural, abrangendo partes da Vila Barros e do Jardim Santa Clara. Além disso, identificaram a presença da bactéria *Escherichia coli*, proveniente de resíduos fecais, em todos os cinco pontos de coleta, desde a nascente até a foz. Esses resultados evidenciam a gravidade da degradação ambiental e a urgência de medidas para reverter esse quadro e proteger a saúde pública.

Além disso, também foi constatado no Córrego da Marrequinhas contaminação por produtos farmacêuticos e indícios de esgoto in natura, principalmente próximo da ETE. Ademais, a falta de respeito à legislação que versa sobre as Áreas de Preservação Permanente (APP) de curso hídrico intensificou os processos erosivos do córrego (Ragassi, 2018). É importante destacar que, apesar de autores como Medeiros, Miguel e Brugnolli (2014), Silva Junior, Carvalho e Pinheiro (2017) e Ragassi (2018) denominarem o curso d'água como Córrego das Marrecas, as bases de dados oficiais da Cetesb indicam que o nome correto é Córrego das Marrequinhas.

Ao estudar o Córrego das Marrecas, afluente do Marrequinhas, Rigolo (2022) fez uma proposta para a construção de um parque público urbano ao longo de seu curso, próximo aos seguintes bairros: Conjunto Habitacional Florindo Tabachi, Pitangueiras I e II, Bortolato V, Sol Nascente I e II, Frei Moacir I, II, IV e outros. O intuito da proposta foi promover a preservação do entorno do curso hídrico, além de melhorar a qualidade da água e proporcionar um ambiente de bem-estar para os moradores.

A expansão urbana que ocorreu e ainda acontece no município de Dracena ao longo dos anos intensificou os processos naturais, como a erosão. Os cursos d'água foram os mais afetados por essas transformações, sofrendo alterações significativas em seu curso e qualidade da água. O Ribeirão das Marrecas passou por grandes modificações, semelhantes às que ocorrem atualmente no Córrego da Palmeira.

Ribeirão das Marrecas

O primeiro curso d'água que sofreu grandes transformações, ainda nas primeiras décadas após o surgimento do município de Dracena, foi o Ribeirão das Marrecas. Originalmente, sua nascente localizava-se na região do atual prédio da prefeitura. O córrego em questão (Figura 3) surge na área central e perpassa vários bairros tradicionais e novos, como Jardim Jussara, Kennedy, Eden, Nova Dracena, Conjunto Habitacional Virgílio Fioravante, Bortolato (II, IV) e Vila Itália (II, III).

Figura 3 – Ribeirão das Marrecas dentro do perímetro urbano de Dracena

Fonte: os autores (2024)

Ao analisar a Figura 4 (A), é possível ver o processo de canalização do ribeirão no início da década de 1960. Somente ao fundo, o córrego possui aspectos naturais, porém observa-se que a cobertura vegetal foi completamente suprimida e os arruamentos estão sem asfalto, intensificando os processos erosivos (inferior à esquerda). Ao analisar a Figura 4 (B), apresenta-se a construção da galeria, na qual no futuro seria edificada em cima a prefeitura. Além disso, a vista da canalização na Avenida Expedicionários mostra tubulações com poucas dimensões — Figura 4 (C). Na Figura 3 (D), exibe-se o solapamento da margem e aprofundamento do córrego, mediante o tamanho dos funcionários públicos posados no registro.

Figura 4 – Canalização do Ribeirão das Marrecas, região central de Dracena

Fonte: Dracena [Dracena na década 1960], 2024. Acervo Histórico Municipal de Dracena)

A próxima imagem — Figura 5 (A) — mostra visão geral do ribeirão e bairros no entorno. A Figura 5 (B) que outro ponto do ribeirão na década de 1990 apresentava uma ponte precária de madeira, fazendo a ligação entre bairros, com ausência de vegetação no entorno, além de evidentes processos de erosão e assoreamento do curso hídrico. Atualmente — Figura 5 (C) —, observa-se a conexão feita em concreto e a presença de mata não originária, principalmente da espécie exótica Leucaena leucocephala. Além disso, na Figura 5 (D) é possível ver a profundidade do córrego, devido a velocidade da água em períodos de chuva, coloração escura da água e presença de materiais manufaturados do tipo úrbico.

Figura 5 – A transformação em poucos anos

Fonte: (A) Google Earth (21/06/2024) adaptada; (B) Ponte de madeira entre dois bairros (1990) imagem cedida pelo Acervo Histórico Municipal de Dracena (2024); (C e D) os autores (2023)

As consequências dessas modificações no relevo, sem um planejamento ambiental e urbano adequado, podem causar sérias complicações, como, por exemplo, a queda de barrancos, que, além de provocar o assoreamento do corpo hídrico, desestabilizam as áreas do entorno, aumentando as áreas de riscos à ocupação humana.

Outro fator que causa muitos transtornos em períodos de alta pluviosidade são inundações, enchentes e alagamentos. Esses eventos são agravados pela drenagem e canalização inadequadas dos cursos d'água realizadas nas primeiras décadas de 60, somadas ao aumento da impermeabilização do solo devido a construção de edifícios, asfaltamento de ruas e calçadas ao longo dos anos. Além disso, a geomorfologia do terreno contribui para a concentração de água em determinados pontos.

Na Figura 6 (A), observa-se como ficou a Avenida José Bonifácio, em frente à prefeitura, após uma forte chuva ocorrida em 2009. Outro ponto crítico é a Avenida Expedicionários, localizada aos fundos do Paço Municipal, mostrada na Figura 6 (B). Na imagem de 2015, percebe-se que diversos carros e estabelecimentos comerciais foram prejudicados pelo aumento do nível da água. Ao longo do percurso do ribeirão canalizado, identificam-se vários pontos de enchente e inundação, incluindo a Avenida Rui Barbosa.

Figura 6 – Enchente em alguns pontos da canalização do Ribeirão das Marrecas, próximo da prefeitura de Dracena

Fonte: (A) 300 milímetros de chuva, **Cidade de Dracena,** Dracena (27/01/ 2009); (B) Chuva alaga Av. dos Expedicionários e causa danos em carros, **G1 Prudente;** Presidente Prudente (18/11/2015), imagem cedida por Jorge Zanoni

Atualmente, em decorrência dos problemas estruturais mencionados, a prefeitura deverá ser desocupada em um prazo estimado de cinco a dez anos. Para mitigar os riscos, o prefeito André Lemos Kozan propôs a remoção da caixa d'água de 20 mil litros localizada no topo do edifício, redistribuindo o peso por meio de caixas menores instaladas nas extremidades. Como medida de longo prazo, está planejada a construção de um novo Paço Municipal na Avenida Presidente Vargas, com investimento estimado em 4 milhões de reais, a ser viabilizado após a transferência do Tiro de Guerra para uma nova sede anexa ao Centro Olímpico (Pasqualeto, 2021).

O Ribeirão das Marrecas é um dos corpos d'água mais antropizados do município, com grande parte de sua extensão drenada e canalizada. Nessa canalização, especialmente na área central de Dracena, foram construídos edifícios e arruamentos. Quando o córrego está exposto, sofre com

o solapamento das margens, além do descarte inadequado de lixo, entulho e água contaminada, o que agrava ainda mais os problemas ambientais. A prefeitura deve realizar intervenções para mitigar os impactos ambientais e sociais, prevenindo futuras tragédias.

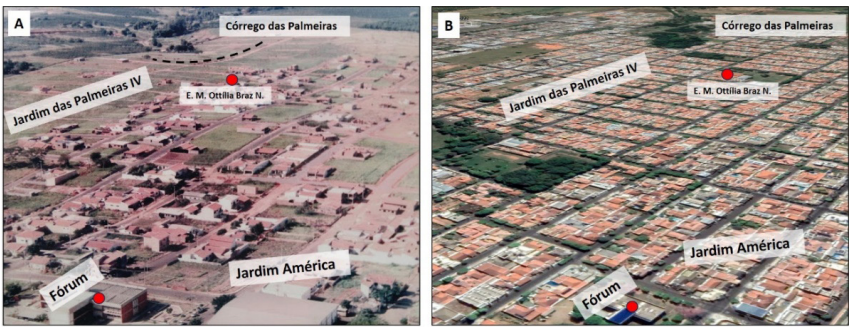
Diferentemente do Córrego das Palmeiras, o Parque Ecológico, situado na atual nascente desse corpo hídrico, deveria se estender por toda a sua extensão, integrando-se ao meio urbano e à Área de Preservação Permanente. No entanto, o que vem ocorrendo é o oposto, com a construção de um supermercado em área de mata ciliar, a ausência de vegetação ao longo do curso hídrico e a valorização das terras no entorno. No futuro próximo, é provável que a construção de novos empreendimentos residenciais intensifique ainda mais os impactos sobre o corpo d'água.

Córrego das Palmeiras (Palmeirinha)

O segundo curso hídrico abordado neste material começou a ser alterado no início da década de 1990, com a construção do Jardim das Palmeiras II, o que levou ao soterramento da nascente do Córrego das Palmeiras, situada nas proximidades da Escola Municipal Otília Braz Nogueirol. Na Figura 7 (A), observa-se a escassez de vegetação no entorno da nascente atual. Também é possível identificar, ao fundo, o início das obras do Jardim das Palmeiras IV, marcado pela ausência de vegetação ao longo do curso d'água. Essa condição evidencia a necessidade de recomposição da mata ciliar, conforme estabelecido pelo Código Florestal de 1965, legislação vigente à época.

Embora a cobertura vegetal ao redor da nascente seja mais densa — Figura 7 (B) —, a área apresenta maior impermeabilização do solo devido às edificações e à pavimentação. No entanto, não foram realizadas grandes obras de canalização, como as observadas no Ribeirão das Marrecas.

Figura 7 – Antes e depois no entorno do Córrego das Palmeiras



Fonte: (A) Como foi início dos jardins América, Europa e Palmeiras – foto de 1990; **Bastidores da Notícia**, Dracena, (29/02/2024); (B) Google Earth 03/03/2024

Na região leste do município de Dracena, onde se localiza o Córrego das Palmeiras, observou-se, ao longo das décadas, um crescimento expressivo da área urbana, impulsionado, em especial, pelo surgimento de novos loteamentos voltados para a classe alta. Nos arredores do córrego, foram estabelecidos bairros como Frei Moacir III, Campo Belo (I, II, III) e o novo residencial Aroeiras. Todos esses empreendimentos estão situados próximos ao curso do Córrego das Palmeiras ou o atravessam (Figura 8).

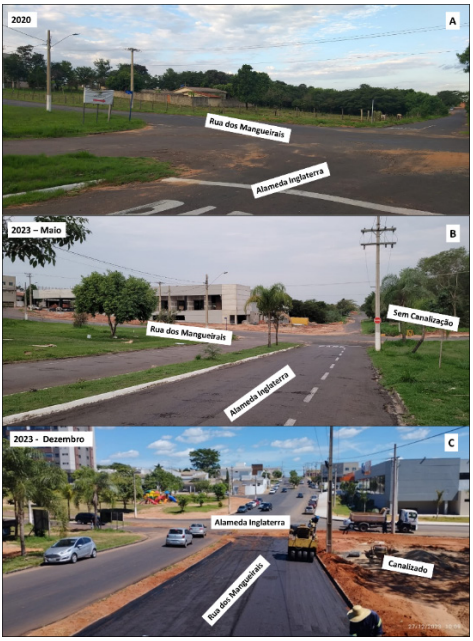
Figura 8 – Córrego das Palmeiras dentro do perímetro urbano de Dracena

Fonte: os autores (2024)

Na próxima imagem — Figura 9 (A) —, ano de 2020, observa-se o cruzamento da Alameda Inglaterra com a Rua dos Mangueirais, onde se destaca uma casa de alvenaria cercada por um muro de tijolos, acompanhado por uma cerca de arame, com um fragmento de mata ao fundo. Nesse ponto, o Córrego das Palmeiras passa pelo local. Ressalta-se que a nascente atual desse curso hídrico está situada no Parque Ecológico Sérgio Cavalari Perez; entretanto, logo após, o córrego sofre os impactos da canalização necessária para atravessar as ruas, além da ausência de vegetação ripária ao longo de seu curso na área rural, o que intensifica os processos erosivo.

Outro impacto ocorreu no ano de 2023, durante a construção de um supermercado — Figura 9 (B) — em uma Área de Proteção Permanente, o que resultou na remoção de árvores em estágio inicial de regeneração. A Figura 9 (C) apresenta um outro ângulo de visão, no qual é possível observar a duplicação das Ruas Mangueirais/Inglaterra e a canalização das águas pluviais que passam ao lado do córrego.

Figura 9 – Cruzamento das vias Alameda Inglaterra com Rua dos Mangueirais em períodos distintos 2020 e 2023 (maio – dezembro), próximo do Córrego das Palmeiras



Fonte: (A e B) os autores e (C) Novidade na engenharia: Tubos de PEAD serão instalados em obras vultuosa nas proximidades do Big Mart, **Prefeitura Municipal**, Dracena, (27/12/2023)

Ainda em relação à Figura 9, é importante destacar que, sob a Alameda Inglaterra, estão localizadas as manilhas responsáveis pela canalização tanto das águas pluviais quanto das do córrego. Ambas as águas desembocam nos fundos do novo supermercado, ou seja, no Córrego das Palmeiras. Durante períodos de alta pluviosidade, a área onde as tubulações se encontram sofre processos erosivos, fenômeno que já ocorria antes da construção do supermercado.

A imagem seguinte — Figura 10 (A) — mostra o novo empreendimento concluído, localizado nos fundos do córrego, o qual apresenta feições erosivas devido à remoção da vegetação, além de ser um terreno tecnogênico do tipo espólico. Em outro ângulo — Figura 10 (B) —, observa-se a fragilidade do terreno, com possíveis ravinamentos, o que intensifica os processos de solapamento e assoreamento do corpo hídrico.

Figura 10 – Erosão em terreno tecnogênico construído do tipo espólico, próximo do Córrego das Palmeiras

Fonte: os autores (2024)

É importante destacar que, nesta área, no cruzamento das vias (Alameda Inglaterra e Rua das Mangueirais), durante os períodos de chuva, há um grande volume de água proveniente de diversos bairros, o que intensifica os processos de perda de solo e deposição de sedimentos

no fundo do leito. Esse fenômeno é agravado pela ineficiência ou até pela ausência de sistemas de drenagem urbana nos bairros, como no caso do Residencial São Cristóvão, inaugurado em 2010, que não conta com bueiros para a coleta de águas pluviais. Localizado no topo da vertente, o empreendimento aproveitou a topografia do terreno e construiu vias para direcionar a água para o pasto.

Entretanto, como mencionado, atualmente a média e a baixa vertente da área são ocupadas por novos empreendimentos, como o Campo Belo, o que potencializa os problemas relacionados ao escoamento da água e à consequente degradação do solo. Mesmo com a existência de redes de drenagem nos novos bairros residenciais, elas não são capazes de suportar o volume de água proveniente das áreas montantes. Além disso, o aumento da impermeabilização ao longo dos anos tem intensificado os processos erosivos, como é evidenciado na Figura 10.

O prolongamento da Alameda Inglaterra até o novo residencial Aroeiras causou vários impactos ao córrego das Palmeiras, uma vez que, com o asfaltamento de parte da via, e considerando que a área é predominantemente rural, em períodos de chuva ocorrem processos erosivos a montante, além da deposição de sedimentos nos bueiros existentes — Figura 10 (A). Na outra parte da via, onde não houve impermeabilização, observa-se o aprofundamento das ravinas — Figura 11 (B) —, especialmente em dias chuvosos, apesar dos esforços da prefeitura para cobrir as cicatrizes periodicamente com manto de intemperismo.

Figura 11 – Terreno de agradação, tipo coluvial induzido (A); terreno de agradação acumulado, tipo produzido, em processo de degradação, erodido (B)

Fonte: os autores (2023)

O prolongamento da Alameda Inglaterra até o novo residencial Aroeiras, situado em uma área predominantemente ocupada por sítios e chácaras, causou diversos impactos ao Córrego das Palmeiras. O primeiro deles foi a supressão de vegetação e a realização de terraplanagem. Em seguida, procedeu-se ao asfaltamento de uma das faixas da via, o que tem provocado processos erosivos a montante durante períodos de chuva, resultando no acúmulo de sedimentos nos bueiros existentes — Figura 11 (A). Na porção não pavimentada, observa-se o aprofundamento das ravinas — Figura 11 (B) —, especialmente em dias chuvosos, apesar dos esforços da prefeitura para cobrir periodicamente as cicatrizes com manta de intemperismo.

No novo residencial Aroeiras, os fenômenos erosivos laminar e linear ocorrem de forma intensa (Figura 12), devido ao solo exposto, terreno remexido e terraplanado. A drenagem das águas pluviais do bairro, que é direcionada para o Córrego das Palmeiras, intensifica os problemas de assoreamento e solapamento das margens.

Figura 12 – Terreno tecnogênico de degradação, tipo erodido, cicatrizes de erosão criadas por processos induzidos, Residencial Aroeiras, próximo do córrego das Palmeiras

Fonte: os autores (2023)

É importante ressaltar que, entre os bairros Campo Belo II e III e o Residencial Aroeiras, há uma extensa área onde o córrego em questão perpassa, caracterizada pela escassez de vegetação nativa e predominância de gramíneas (pasto). Esses terrenos passam a ter maior valor devido à especulação imobiliária, impulsionada pelos investimentos em estabelecimentos comerciais como supermercados, restaurantes e bares nas proximidades, além do prolongamento da Alameda Inglaterra. Assim, essa área se torna um ponto de interesse para o mercado imobiliário, e, num futuro próximo, o entorno do Córrego das Palmeiras poderá sofrer ainda mais impactos, principalmente no que se refere à erosão induzida pelo ser humano.

Considerações finais

O trabalho demonstrou como o desenvolvimento urbano do município de Dracena ocasionou diversas modificações no relevo, com o intuito de atender às necessidades humanas. Um dos principais problemas, tanto no passado quanto no presente, refere-se a erosões, alagamentos, enchentes e inundações, que resultam da falta ou ineficiência da drenagem da rede de águas pluviais, bem como das canalizações inadequadas dos córregos.

Vale ressaltar que, embora o abastecimento público de água da cidade não dependa da coleta de água de rios, mas sim de poços artesianos, a preservação dos córregos e de outros afluentes é de extrema importância.

Isso porque esses corpos d'água deságuam no Rio Aguapeí, que, por sua vez, é afluente do Rio Paraná.

Por fim, é fundamental destacar que o desenvolvimento do município de Dracena deve ser realizado de forma ordenada, em consonância com a preservação ambiental. Apenas dessa maneira será possível evitar o agravamento dos problemas ambientais mencionados, bem como a produção de terrenos tecnogênicos, cujos impactos podem ser irreversíveis para o ecossistema local.

Agradecimentos

Ao historiador e coordenador do Acervo Histórico Municipal de Dracena, Rogério Edson dos Santos, por ter fornecido algumas imagens antigas do município.

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

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. New York: Apha, 2017.

ANTUNES, M. V. M.; HESPANHOL, R. A. M. Os distritos municipais no Brasil: uma leitura geográfica a partir de Jamaica e Jaciporã, município de Dracena (São Paulo/Brasil) [The municipal districts in Brazil: a geography reading of Jamaica and Jaciporã, municipality of Dracena (São Paulo/Brazil). **Geo Uerj**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 24.942, 2018.

CARVALHO, A. P. S. **Recomendações técnicas para amenizar os impactos causados pela impermeabilização dos solos na implantação de novos loteamentos**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Hídrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2020.

COLAVITE, A. P.; PASSOS, M. M. Integração de mapas de declividade e modelos digitais tridimensionais do relevo na análise da paisagem. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 3, n. 5, p. 1.547-1.559, 2012.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA; COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Drenagem urbana**: manual de projeto. São Paulo: Daee; Cetesb, 1980.

DRACENA. **Novidade na engenharia**: tubos de Pead serão instalados em obra vultuosa nas proximidades do Big Mart. Dracena: Prefeitura Municipal de Dracena, 27 dez. 2023. Notícias. Disponível em: https://www.dracena.sp.gov.br/portal/noticias/0/3/111151/novidade-na-engenharia-tubos-de-pead-serao-instalados-em-obra-vultuosa-nas-proximidades-do-big-mart. Acesso em: 11 abr. 2024.

DUBREUIL, V. *et al.* Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**: Revue Franco-Brésilienne de Géographie [Revista Franco-Brasilera de Geografia], São Paulo, n. 37, 2018. Disponível em: https://journals.openedition.org/confins/15738. Acesso em: 15 abr. 2024.

FACURI, G. G. Similaridades na setorização de riscos geológicos dos municípios de Dracena, Parapuã e Cafelândia, SP. **Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 405-413, 2016.

GIRÃO, O; CORREA, A. C de B. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**, Recife, Pernambuco, v. 21, n. 2, p. 36-58, 2004. Disponível em: https://morrodobau.ufsc.br/files/2011/03/A-CONTRIBUI%C3%87%C3%83O-DA-GEOMORFOLOGIA-PARA-O1.pdf. Acesso em: 16 abr. 2024.

GIL, I. C. **Nova Alta Paulista, 1930-2006**: entre memórias e sonhos. Do desenvolvimento contido ao projeto político de desenvolvimento regional. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Cidades**. [Rio de Janeiro]: IBGE, 2022. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/dracena/panorama. Acesso em: 15 abr. 2024.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-tecnico-da-vegetacao-brasileira.pdf. Acesso em: 14 abr. 2024.

KOPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. *Wall-map*, 150 cm x 200 cm.

LACERDA, H. Notas de geomorfologia urbana. *In:* Encontro Nacional de Geografia – EREGEO, 9, Porto Nacional – Tocantins. **Anais** [...] Porto Nacional, EREGEO, disco compacto, 10p, 2005.

LEÃO, C. S. **A inserção das pequenas cidades na rede urbana**: o caso das cidades da região de Governo de Dracena-SP, 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

LELIS, L. R. M.; HESPANHOL, R. A. M. Dinâmica agropecuária do município de Dracena–SP: da cafeicultura à cana-de- açúcar. **Geografia em Questão**, Marechal Cândido Rondon, v. 6, n. 2, p. 181-198, 2013.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. 224 p. ISBN 978-85-7975-285-1.

MEDEIROS, R. B.; MIGUEL, A. S.; BRUGNOLLI, C. C. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas Dracena-SP. **Fórum Ambiental do Alto Paulista**, Tupã, v. 10, n. 2, p. 41-56, 2014.

PASQUALETO, C. J. Como foi o início dos Jardins América, Europa e Palmeiras: foto de 1990. **Bastidores da Notícia**, Dracena, 29 fev. 2024. Disponível em: https://bastidoresdanoticiadracena.blogspot.com/2024/02/como-foi-o-inicio--dos-jardins-america.html?fbclid=IwAR0GGcMGmyxKPcQaDsrPfuW9rtw1Fzy-C6AE_lf7l2gpSFLaKKoKfte1c3TQ&m=1. Acesso em: 11 abr. 2024.

PASQUALETO, C. J. Prefeito fala de novos projetos para o tiro de guerra e paço municipal. **Bastidores da Notícia**, Dracena, 31 ago. 2021. Disponível em: https://bastidoresdanoticiadracena.blogspot.com/2021/08/prefeito-fala-de-novos-projetos-para-o.html. Acesso em: 11 abr. 2024.

PELOGGIA, A. U. G. **O homem e o ambiente geológico**: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998.

PELOGGIA, A. U. G. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. **Revista UNG – Geociências**, Guarulhos, v. 16, n. 1, p. 102-127, 2017.

RAGASSI, B. **Monitoramento de fármacos em água superficial e efluente de estação de tratamento de esgoto no município de Dracena – SP**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018.

RAMOS, S. B. *et al*. Qualidade das nascentes urbanas de Dracena-SP. *In*: MEMBRIVE, C. M. B. *et al.* (org.). **Qualidade das nascentes urbanas de Dracena-SP**. São Paulo: Ladri, 2021. v. 1, p. 200-217.

RIGOLO, F. N. **Preservação e lazer**: uma proposta urbana sustentável para a cidade de Dracena. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2022.

SANTOS, R. E. **Viajando na história, Dracena-SP**. [*S. l.*]: Publicação Independente, 1998.

SÃO PAULO (Cidade). Secretaria da Habitação e Desenvolvimento Urbano. **Risco geotécnico em ocupação urbana**: manual de segurança. Coordenação de R. T. Mori. São Paulo: Secretaria da Habitação e Desenvolvimento Urbano, 1998. Relatório interno.

SILVA, M. A. S. *et al.* **Atlas geográfico de Dracena – SP**. Viçosa, 2024. 1 mapa. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/377668566_Atlas_geografico_de_Dracena_-_SP. Acesso em: 10 abr. 2024.

SILVA, P. F. J. Contextualização histórico-geográfica e apontamentos sobre o papel da cidade pequena de Dracena na Nova Alta Paulista. **Geoingá**: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Maringá, v. 1, n. 1, p. 49-58, 2009.

SILVA JUNIOR, O. P.; CARVALHO, S. L.; PINHEIRO, J. H. P. A. Qualidade microbiológica da água do Córrego das Marrecas no município de Dracena – SP. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 13, n. 4, p. 16-23, 2017. DOI 10.17271/198008271342017.

SOUZA, A.; LEITE, C. A contribuição da infraestrutura ferroviária na formação das cidades do oeste paulista. **Revista de Arquitetura Imed**, Passo Fundo, v. 10, n. 1, p. 90-125, 2021.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa, 2017.

TUCCI, C. E.; COLLISCHONN, W. **Drenagem urbana e controle de erosão**. Trabalho apresentado ao Simpósio Nacional de Controle da Erosão, 6., 1998, Presidente Prudente.

VIEIRA, M. C.; HONDA, S. C. A. L. Degradação ambiental e sua relação com a drenagem urbana: estudo de caso em Dracena-SP. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Tupã, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2003.

GEOGRAFIA DO CLIMA COMO CONSTRUÇÃO SOCIAL[6]

João Lima Sant'Anna Neto

Introdução

Este texto é o resultado de um conjunto de reflexões realizadas ao longo de mais de 30 anos, compartilhadas com colegas e ex-alunos, interessados em debater o fenômeno climático na perspectiva da Geografia.

Muito tardiamente, tomei conhecimento do excelente artigo do norte-americano Leslie Curry "Climate and economic life", publicado originalmente no *Geographical Review*, em 1952. Nessa obra, cujas considerações em torno do clima como fenômeno geográfico estavam à frente de seu tempo, o autor afirmava que "o clima não é um fato, mas uma teoria" (Curry, 1952, p. 372). O autor referia-se ao estudo de caso na agricultura, quando passou a tratar o clima como um indicador da composição da renda diferencial da terra.

Anos mais tarde, encontrei na obra *Clima e saúde*, editada em 1938, do médico sanitarista brasileiro Afrânio Peixoto, um trecho igualmente instigador, no qual afirmava que o clima não é apenas ambiente na Terra, ou seja, o meio em que os seres que nela existem encontram satisfação ou dificuldade. É ação e reação, acomodamento e alterações, evolução de novas formas de seres dotados de qualidades que retratam esses meios diversos. O autor finalizava afirmando que "o clima é, assim, o artista da vida" (Peixoto, 1938, p. 23).

Essas duas noções instigantes me perseguiram por décadas, pois a premissa de que o clima não poderia ser tratado apenas em sua existência física, materializada pela análise dos fenômenos e processos naturais, mas, também, em suas dimensões econômicas, sociais, políticas e culturais, abria novas perspectivas analíticas com imensas possibilidades interpretativas.

Desta forma, o clima não pode ser definido unicamente por sua associação aos tipos de tempo, aos elementos meteorológicos ou estados

[6] Partes deste capítulo foram publicadas originalmente na revista *Ikara: Revista de Geografias Iberoamericanas*, n. 1, p. 1-10, 2022.

da atmosfera. É fundamental refletir sobre o conceito de "clima" para compreender os processos espaciais e territoriais em Geografia, considerando que se trata de um conceito polissêmico e complexo.

Cada área de conhecimento se apropria do conceito de clima de acordo com suas conveniências e necessidades, para atingir os seus objetivos na elaboração de seus discursos e suas práticas em função do significado que lhe atribuem.

Nas Ciências Exatas, de modo geral, como na Meteorologia, nas Engenharias e mesmo na Física, o conceito de clima se refere a uma concepção estatística que considera a natureza da variabilidade em termos de séries temporais de dados de informação. Nessa perspectiva, atribui-se o termo "climatologia da precipitação", por exemplo, a uma análise estatística do comportamento dos dados de chuva ao longo de um determinado segmento de tempo — decadal, interanual, sazonal etc.

Essa definição resolve os problemas inerentes aos objetivos dessas áreas de conhecimento, preocupadas em estabelecer padrões, determinar comportamentos, identificar e compreender processos, dentro das dimensões físicas dos elementos do clima, a partir das características e forçantes da atmosfera.

No escopo das Ciências Naturais, como a Biologia, a Ecologia e também na Agronomia, o clima é entendido como uma variável fundamental que molda e, por vezes, determina as condições em que a vida se mantém e evolui nos diversos ambientes naturais ou antrópicos. Assim, completa o conjunto de sistemas que explicam as adaptações e a evolução dos seres vivos. Para este conjunto de ciências, importa o conforto animal, os regimes climáticos que compõem os quadros zoobotânicos e as associações dos tipos de tempo à fenologia das culturas.

No caso das Ciências Humanas e Sociais, em geral, e na Geografia, em particular, entretanto, importa atribuir outros valores intrínsecos ao clima, pois, para além de sua existência física, associada ao conceito de sucessão habitual dos tipos de tempo e da dinâmica atmosférica, o clima também revela outras dimensões, como as econômicas, culturais, simbólicas e ideológicas, que permeiam as práticas sociais. O clima assume, assim, um aspecto relevante para a compreensão da percepção dos indivíduos e da sociedade, sobre suas interferências e seu valor na vida cotidiana e como insumo no processo produtivo.

Como bem afirma Mike Hulme (2016), a definição de clima também incorpora aquela que reside dentro da imaginação, por meio da acumulação de experiências sensoriais, assimilação mental, aprendizagem social e interpretações culturais, que são passadas por gerações e que distinguem o que seria o clima normal e esperado daquilo que seria um clima anormal, atípico ou irregular, para uma dada região.

Geografia do clima

As possibilidades interpretativas dialogam profundamente com as perspectivas teóricas do que convencionamos denominar como Geografia do Clima, proposta essa que divulgamos pela primeira vez em 2001, num artigo publicado pela *Revista Terra Livre* intitulado "Por uma geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento".

Naquela ocasião propusemos que:

> [...] mais do que desvendar os processos dinâmicos e as estruturas temporais e espaciais do clima, para o geógrafo o que realmente deveria importar é o significado deste processo inserido na dimensão socioespacial. Na verdade, o que, em geral, tem sido produzido pela Climatologia ainda privilegia os mecanismos físicos do tempo e do clima. Indagar, compreender e explicar como e em quais circunstâncias o território foi (e tem sido) produzido e como estas ações afetam de forma diferenciada os seus habitantes torna-se imprescindível para uma análise geográfica do clima – a Geografia do Clima (Sant'Anna Neto, 2001, p. 59).

Assim, nesse artigo, que é parte de minha tese de livre-docência defendida na Universidade Estadual Paulista (Unesp), em 2001, a proposição de uma Geografia do Clima pretendia alargar o paradigma da Climatologia Geográfica, incorporando as relações sociais e territoriais. Recorria-se à análise dos primórdios da Climatologia no Brasil, buscando estabelecer as bases conceituais da incorporação do fenômeno climático à Ciência Geográfica. Considerava-se a revolução paradigmática iniciada por Max Sorre (1951) e a proposta de Monteiro (1971), que defendia a noção de ritmo como novo paradigma para a análise geográfica do clima.

Argumentava-se, naquela ocasião, sobre a necessidade de se produzir uma releitura destes conceitos à luz do processo de globalização e

mundialização, assumindo os conceitos de apropriação da natureza por uma sociedade estabelecida em classes sociais. Por fim, propunha-se uma discussão que considerasse uma nova razão para um novo conhecimento do fenômeno climático numa perspectiva social.

Alguns anos mais tarde, em 2008, publiquei na *Revista da Anpege* outro artigo, "Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico", em que procurava avançar na revisão conceitual do clima como fenômeno geográfico substanciado pelas aplicações de seu conhecimento no entendimento do território, para além de sua dimensão física, como elemento natural, mas pelo significado de sua repercussão nas relações entre a sociedade e a natureza, mediadas pela ação dos sujeitos sociais, que produzem espaços concretos nos mais variados níveis de segregação e vulnerabilidade.

Assim, pretendia-se atingir dois níveis de problemas. No primeiro, de ordem teórica e metodológica, propunha-se a análise crítica da Climatologia Geográfica, de cunho neopositivista e neokantiano, para a construção de uma abordagem dialética que incorporasse a dimensão social à interpretação do clima na perspectiva da análise geográfica. Isto significava, necessariamente, compreender que a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre se dá num território, transformado e produzido pela sociedade de maneira desigual e contraditória.

No segundo, a partir de ensaios compreendendo a influência dos fenômenos atmosféricos e dos padrões climáticos na estruturação do território e no cotidiano da sociedade, objetivava-se discutir o papel do clima nas principais dimensões socioespaciais, ou seja, considerando-o como uma construção social:

- Clima urbano: na perspectiva de se analisar a qualidade de vida e o conforto ambiental, considerando processos de apropriação do território e segregação socioespacial;
- Clima e agricultura: objetivando considerar o grau de interferência na rentabilidade agrícola, incorporando os aspectos tanto de políticas públicas do setor quanto do meio técnico disponível, que tendem a minimizar (ou não) o papel dos elementos do clima como insumo no processo de produção;
- Clima e saúde: discutir a influência dos tipos de tempo nas morbidades epidemiológicas e nos casos de enfermidades,

condicionados aos aspectos culturais (enquanto hábitos e costumes), da segregação socioespacial e do planejamento da saúde pública;

- Mudanças climáticas: dialogar com as proposições oficiais do *International Panel on Climate Change* (IPCC) para além da dimensão estritamente científica, investigando o que há por trás do discurso catastrofista, que sugere uma governança internacional, através de uma "pseudo" emergência global. Desvendar os conteúdos que se travestem de tragédia, mas que podem configurar-se como farsa.

Desse modo, pretendia-se problematizar esses discursos, à luz da contribuição de uma Geografia do Clima, o que significa ir além de sua dimensão física, buscando os nexos dessas novas configurações espaciais/territoriais, entendendo que o clima também é apropriado pelo modo de produção como mercadoria, com valor econômico, simbólico, cultural e ideológico.

As três dimensões do clima

Muitos conceitos fundamentais da Geografia contemporânea têm merecido ampla revisão conceitual, como é de se supor quando lidamos com o avanço da ciência, principalmente em períodos de crises como as que estamos vivendo. Era de se esperar que o conceito de clima também não escapasse dessa tendência.

Desde o surgimento do tema das mudanças/alterações climáticas, a partir dos anos de 1990, por conta da crise ambiental que ainda estamos experimentando, a concepção do que seja clima tem sido modificada e reinterpretada de acordo com os objetivos e intensões dos diversos sujeitos sociais.

Numa perspectiva geográfica, considerando o espaço como principal categoria de análise, e tendo como apoio as contribuições teóricas de Carlos Augusto de F. Monteiro (1971, 1991), Max Sorre (1951), Mike Hulme (2016) e Nubia Armond (2018), além de David Harvey (1973, 2015), Henry Lefebvre (2006) e Milton Santos (2004), podemos considerar três dimensões conceituais do clima. Dimensões essas que não são hierárquicas nem excludentes, mas independentes e complementares.

a. **Clima como um conceito "absoluto": a Climatologia**

Nessa perspectiva, o clima é assumido em sua materialidade e organicidade. São os processos e fatores internos e inerentes à sua estrutura e dinâmica. Trata-se do clima em si mesmo, independentemente de qualquer relação externa com outros objetos.

É o clima medido, por meio de séries temporais de dados e de seu tratamento estatístico e cartográfico. As análises se baseiam em métodos quantitativos e ancorados na física da atmosfera e na modelagem matemática.

São os processos genéticos dos sistemas atmosféricos, da circulação meridiana e da força de coriolis, em sua dimensão temporal, projetadas nas escalas espaciais.

A dimensão espacial nessa abordagem conceitual, ainda que inclua a complexa rede de interações entre a atmosfera, a superfície e o oceano, limita-se a sua consideração espacial, como elemento de estrutura fixa e de receptáculo neutro, como base cartográfica da ação dos elementos constituintes do tempo atmosférico, além de suas variações temporais que não contemplam as características dinâmicas, diversificadas e desiguais das formações socioespaciais.

Poder-se-ia exemplificar, nessa perspectiva analítica, os estudos sobre as precipitações. A Climatologia se preocupa em mensurar os totais de chuva que precipitaram numa dada região, demonstra se os índices são normais ou apresentam um padrão irregular, realizam-se testes estatísticos para caracterizar os desvios em relação à média e explicar-se-ia em que situação sinótica essas chuvas se formaram.

Este é, portanto, o objeto de estudo da Climatologia.

b. **Clima como um conceito "relativo": a Climatologia Geográfica**

Tratar o clima como um objeto que se relaciona com outros objetos tem sido a prática em Geografia. Nesse sentido, o clima deixa de ser apenas um fenômeno encerrado em si mesmo e passa a assumir uma relação com outros objetos, como o espaço. A proposta de ritmo climático de Monteiro (1971) indica que as interações dos fatores e elementos do clima se associam tanto ao tempo cronológico quanto ao tempo meteorológico, e estes repercutindo num espaço, que é ao mesmo tempo topológico (receptáculo) e organizado (estruturado em objetos ou elementos fixos).

O clima é um fenômeno que está compreendido na organização do espaço geográfico, como fator e agente que lhe dá forma, combinando interações entre dinâmicas temporais do próprio clima e as estruturas espaciais da superfície.

Essa perspectiva analítica pressupõe, ainda, a proposição de ações analíticas e sintetizadoras do tempo e do espaço, em busca de uma compreensão sistêmica. Entretanto, considera o espaço numa posição de neutralidade, desconsiderando a intencionalidade dos sujeitos e atores sociais que o constroem.

Retomando o exemplo sobre o estudo das precipitações, nessa perspectiva, a Climatologia Geográfica incorpora, além dos procedimentos elencados no item anterior, o espaço geográfico em sua dimensão orgânica. Demonstrar-se-ia que essas chuvas resultaram em enchentes regionais ou alagamentos urbanos. Análises seriam feitas sobre a repercussão desse fenômeno no espaço, causando perdas materiais e até mesmo humanas. Seriam mapeadas as áreas de risco e demonstrariam os efeitos de tais chuvas sobre o espaço geográfico, que ocasionariam transtornos e prejuízos econômicos, mas não seriam colocadas em causa as razões pelas quais as pessoas vivam em tais lugares, nem quem são aqueles que mais sofrem e são vítimas desses processos.

Essas são as bases da Climatologia Geográfica.

c. Clima como um conceito "relacional": a Geografia do Clima

Sob essa abordagem, o clima é considerado um fenômeno que não somente condiciona, mas que também é condicionado por outros objetos que lhe dão sentido, dotando-o de conteúdo (forma/conteúdo).

Não se trata mais do clima "em si", como na Climatologia, nem do clima em relação a outros objetos, como na Climatologia Geográfica, mas de como os outros objetos lhe dão conteúdo, como as influências externas são internalizadas nos processos. As interações espaciais e temporais do clima com o espaço se dão pelo reconhecimento de que esse espaço é socialmente produzido, ou seja, por uma abordagem socioespacial que qualifica o espaço geográfico.

O espaço geográfico confere ao clima, além de atributos físicos/naturais, outras possibilidades analíticas que aumentam a sua complexidade, dotando-o de outras dimensões, como as culturais (simbólico), as psicossociais (vivência), as ideológicas (desigualdade), entre outras.

O clima, assim, torna-se tanto um fenômeno materializado no tempo/espaço quanto assume uma dimensão imaterial, moldado historicamente pelas relações entre a sociedade e a natureza, que lhe conferem valor.

É esta combinação que dá conteúdo à forma, que confere ao clima, para além de sua materialidade, as dimensões de climas experimentados, vividos, percebidos, enfrentados... em formações socioespaciais cujos meios técnicos são os mais diversos, e que se encontram em diferentes contextos históricos.

Nessa perspectiva analítica, além de tratar do clima como fenômeno físico e que repercute no espaço geográfico, incorpora-se a dimensão social, ao demonstrar que o episódio de chuvas, retratados nos exemplos anteriores, não afeta a todos de maneira igual. Uma sociedade desigual num espaço fragmentado e segregado faz com que o clima não seja percebido, nem experimentado pelos diversos grupos sociais da mesma forma.

Tomando como exemplo um episódio de chuva intensa na área metropolitana de São Paulo, para determinados setores da sociedade, esse fenômeno traria problemas no trânsito, na mobilidade, o que acarretaria atrasos e perdas de compromissos. Mas, para outra parcela da população, as chuvas intensas representam uma ameaça, pois, ao retornar a suas respectivas casas depois de um dia de trabalho, pode ser que estas não estejam mais lá. Foram levadas pela enxurrada. Ou seja, um mesmo acontecimento meteorológico pode ter vários significados, dependendo de qual é a posição de cada um numa sociedade desigual, em que o estado perde a capacidade (ou não tem o interesse) de ser o protagonista na construção e na gestão do território, que deixa de ser um território da existência para se tornar um território da reprodução capitalista.

A Geografia do Clima propõe que se considere o clima como fenômeno geográfico qualificado pelos processos socioespaciais, e pela instância totalizadora da relação entre forma e conteúdo.

O clima como processo que influencia os percursos da humanidade

Parte-se da premissa aceita pela comunidade científica de que, na história ecológica da Terra, o clima sempre mudou, está a mudar e continuará mudando, já que esse é um processo intrínseco e incontornável de sua dinâmica e de sua natureza.

As variações do clima, caráter inerente à sua dinâmica, sempre repercutiram fortemente na dispersão e mobilidade dos assentamentos humanos. Entretanto, no passado, a existência de territórios ainda não ocupados e os vazios demográficos permitia que, diante de situações climaticamente extremas ou instáveis, ocorressem migrações para áreas menos vulneráveis.

Eventos climáticos extremos e de larga escala temporal sempre tiveram alguma participação nos processos históricos responsáveis pelo apogeu e queda das grandes civilizações do passado.

Como afirma Lamb (1972), a história tem-se desenrolado num mundo de mudanças constantes, por vezes lentas, outras rápidas, e com a natureza das de ciclos longos, sempre ofuscadas pelos desvios maiores que distinguem os anos individuais. O ambiente continuará a mudar, em parte devido às intervenções humanas, com as suas consequências intencionais ou involuntárias e, em parte, devido às causas naturais. Não há nisto seguramente nenhuma razão para pensar que, em médio e longo prazo, seja possível prever os acontecimentos climáticos futuros.

Desta forma, os acontecimentos do passado histórico e geológico, influenciados pela relação entre o clima e as civilizações, assumem importância significativa, como experiências que demonstram como os diversos grupos sociais e/ou sociedades lidaram com os cataclismas climáticos.

À medida que a ocupação humana avançou e se distribuiu por praticamente todo o planeta, a possibilidade de deslocamento e ocupação de novos territórios, quando do impacto de eventos extremos, tornou-se cada vez mais complexa e inviável. Como afirma Fagan (2007), o processo de sedentarização nos tem deixado mais fragilizados diante da natureza, pois, independentemente da natureza e dimensão das alterações climáticas, temos ficado mais vulneráveis e à mercê dos eventos climáticos extremos.

Por não termos a capacidade de lidar com as grandes catástrofes, por limitações tecnológicas, econômicas ou políticas, a humanidade optou por resignar-se aceitando a vulnerabilidade diante dos eventos de grande magnitude (e mais raros), em troca de uma maior capacidade de lidar com as perturbações menores e mais comuns, como os episódios de chuvas intensas ou as ondas de calor, que se relacionam mais com a variabilidade natural e vulnerabilidade social do que com as mudanças climáticas.

Entretanto, nas áreas densamente ocupadas, como nas urbanas, a humanidade ainda não consegue evitar a ocorrência de tragédias com perdas de vidas e bens materiais, em grande parte porque a gestão do espaço urbano, cada vez mais, escapa ao controle do poder público e da capacidade dos diversos grupos sociais organizados em enfrentá-los. Isto é particularmente mais evidente nos países da periferia do sistema capitalista, em que os grandes grupos econômicos detêm parte significativa do controle e da gestão dos territórios e os utilizam como mercadoria e mais-valia.

A cidade polissêmica da pós-modernidade exige uma ressignificação do conceito de ambiente urbano. As cidades como espaços produzidos, ao mesmo tempo que criam oportunidades civilizatórias, continuam a ser armadilhas ambientais. Ou seja, um território fixo num mundo que é cambiante, tanto pelas mudanças naturais quanto pelas intervenções socioeconômicas, através dos tempos históricos.

O que a humanidade mais deseja é estabilidade e previsibilidade do clima. Fato este impossível de ser atendido por um fenômeno que é complexo, dinâmico e sistemicamente caótico.

O clima como processo incontornável dos territórios

Tratar das alterações do clima requer que consideremos três escalas de processos distintos, porém interconectados. O tempo curto da escala local (tempo da vida cotidiana), que é a escala do ritmo. Ou seja, dos eventos rápidos e passageiros. São os acontecimentos meteorológicos das horas, dos dias, das semanas, o que se convencionou denominar como a sucessão dos tipos de tempo (habituais ou excepcionais).

O tempo longo da escala regional (tempo histórico perceptível pela sociedade) é constituído pela escala da variabilidade sazonal, interanual e decenal. Trata-se da sucessão das estações do ano e das rupturas do que se considera como a normal climatológica, pelas influências dos mecanismos da complexa rede de interações de fenômenos como o *El Niño/La Niña*, a Oscilação Decadal do Pacífico, as Zonas de Convergência do Atlântico, entre outros. São fenômenos que provocam desajustes, disritmias sobre o tempo e o clima esperados pela sociedade.

Se os tempos curtos e longos são perceptíveis através do tempo histórico, por outro lado, o tempo geológico se refere à escala global, que

ocorre ao longo de séculos e milênios, como as grandes mudanças que afetaram o planeta, a exemplo da Pequena Idade do Gelo (entre os séculos XVI e XIX), do aquecimento ótimo do Holoceno (há cerca de 8 mil anos), ou ainda das grandes glaciações quaternárias.

O que realmente deveria interessar à Geografia é como o clima se insere no espaço produzido, nos territórios usados e na percepção dos diversos grupos sociais que se encontram mais ou menos vulneráveis a suas ações.

De acordo com Monteiro (1976), o clima se relaciona e interfere nas formações socioespaciais de três formas, ou seja, por três processos de natureza física, mas cujas ações resultam em implicações que afetam profundamente a vida cotidiana e o planejamento/gestão como projeções de futuro.

O primeiro por meio dos processos termodinâmicos, referentes à radiação solar, que são percebidos pela sociedade na forma de conforto térmico (pelo frio, pelo calor ou por sua neutralidade). A forma e a estrutura urbana, os materiais construtivos utilizados na massa edificada e a capacidade dos grupos sociais em defenderem-se desses episódios extremos são elementos a serem considerados.

O segundo através dos processos físico-químicos, que têm que ver com a composição da atmosfera sobre o espaço e é percebida por meio da qualidade do ar. Tanto os índices de poluição atmosférica quanto a quantidade de material particulado presente no ar afetam a qualidade de vida da população, em que os mais expostos ou os que apresentam maior fragilidade são os mais afetados. Certas condições laborais, determinados setores da cidade e a disponibilidade de serviços médico hospitalares acessíveis determinam o grau de severidade deste processo.

E o terceiro, mas não menos importante, são os processos hidrometeóricos, que compreendem os episódios extremos dos elementos do clima e pelos tipos de tempo, materializados no espaço pela precipitação intensa que ocasiona enchentes e inundações, pelos vendavais, pelos incêndios, entre outros. Nestes casos é claramente observável que as populações menos favorecidas são as que habitam as áreas mais sujeitas a estes processos. São as menos valorizadas no espaço urbano e menos atendidas pelo poder público.

Mas cada formação socioespacial é um território único, complexo, caraterizado por combinações de paisagens naturais particulares (situa-

das em vales, em platôs, à beira mar, em encosta de montanha etc.) que se relacionam com a atmosfera, e/ou com a camada limite urbana, de forma própria.

Numa dada região, afetada por um episódio de seca, recebendo totais semelhantes de pequena precipitação pluviométrica, um agricultor que se encontre numa situação economicamente favorável e tecnicamente modernizado tem a possibilidade de usar a irrigação artificial, plantar com sementes geneticamente modificadas e mais resistentes a estiagem, além de poder usufruir de seguro agrícola. Ao lado, outro proprietário rural que não dispõe das mesmas facilidades, por vários motivos de ordem política, econômica e social, não poderá subsistir e terá o seu trabalho arruinado. Percebe-se então que a variável que define as duas situações não é a do clima, mas sim da condição do agricultor. Da produção social do espaço.

Não há lugar no planeta isento das ações do tempo e do clima. Ao mesmo tempo que se tem uma expectativa de um comportamento normal (sazonalidade), conhecem-se os riscos de eventos extremos ou excepcionais, que ocorrem em maior ou menor frequência.

As populações das regiões e cidades do Centro-Sul e Sudeste dos Estados Unidos, por exemplo, estão cientes dos riscos meteorológicos representados pelos ciclones e vendavais, que anualmente destroem o espaço construído e invariavelmente causam perdas de vidas humanas. Mas ninguém imagina a possibilidade de mudar a cidade de Miami de lugar. Ou ainda, na região da Beira Interior, em Portugal, onde os riscos de incêndios que sistematicamente assolam a região de forma violenta já são conhecidos e enfrentados, mas ano após ano se repetem, ocasionando problemas socioeconômicos dos mais variados.

Desta forma, grande parte do problema enfrentado não está necessariamente no clima. Daí ser uma inconsistência científica culpar o clima pelas tragédias e convocar a humanidade a "combater as alterações climáticas".

Ora, nas formações socioespaciais, as práticas culturais e as intervenções dos atores sociais e dos sujeitos políticos e econômicos produzem espaços diversificados, desiguais, contraditórios e, portanto, mesmo diante de um mesmo clima físico, os diversos grupos sociais que habitam esses territórios não experimentam nem se relacionam com o clima da mesma maneira.

Quanto maior for a desigualdade socioespacial, maior será a vulnerabilidade diante do clima. Dessa forma, o clima, além de ser um fenômeno

físico, também é uma construção social. O clima físico lhe dá a forma, mas é a produção do espaço que lhe confere conteúdo e o qualifica.

Neste sentido, tratar das alterações climáticas é tratar da produção social do espaço, porque neste caso o clima não é a causa, nem o sujeito. O clima é a consequência. É o resultado de como planejamos, como construímos e como gerenciamos o território, os lugares, as residências, os espaços públicos, as áreas verdes, o espaço rural etc.

As formações socioespaciais devolvem para a atmosfera, para a camada limite urbana, por exemplo, tudo aquilo que produzimos e construímos no território, como resultado das transformações históricas da natureza. Mudamos o albedo e geramos inércia térmica quando utilizamos materiais construtivos inadequados; mudamos a composição química da atmosfera quando injetamos gases do efeito estufa, principalmente da queima de combustíveis fósseis, entre outros. Criamos nosso palco da tragédia, quando, ao produzir espaço, desrespeitamos as lógicas, os nexos e os equilíbrios instáveis da natureza.

Ao longo da história, desde as primeiras cidades mesopotâmicas, a sociedade sempre teve de lidar com o clima e suas alterações. Alterações que por vezes foram suaves, outras vezes verdadeiras rupturas. Mas, hoje, temos o conhecimento acumulado e desenvolvemos as tecnologias necessárias para a resolução dos problemas. Então por que as cidades e os territórios estão em risco e continuamos tão vulneráveis?

Arrisco afirmar que é porque não resolvemos a questão central que é a de se produzir territórios, cidades, ambientes, saudáveis habitadas por cidadãos na plenitude de seus direitos, diminuindo a vulnerabilidade social e intervindo nos sistemas territoriais de forma racional e justa.

Aliás, de acordo com os paleoclimatólogos, como Fagan (2007), na escala geológica do quaternário (último 1 milhão de anos), a Terra sofreu oito grandes glaciações. A cada 100 mil anos, a Terra passa 80 mil anos sob o domínio de eras glaciais e cerca de 20 mil anos em situação interglacial, ou seja, mais quente. O período atual mais quente começou com o ótimo do Holoceno, há cerca de 8 mil anos. Estamos no fim do período quente, ou seja, mesmo que o planeta estivesse desabitado, a Terra estaria se aquecendo. Com a Humanidade, no último século, está aquecendo de forma mais rápida e intensa. De qualquer forma, estamos no limiar da transição dum ótimo climático para uma nova era glacial e daí, se sobrevivermos até lá, teremos de buscar meios de nos adaptarmos

ao resfriamento global. Nossa vida no planeta nunca foi fácil e continuará a oferecer desafios permanentes.

Não é possível controlar o clima, pelo menos até o presente momento em que nos encontramos neste estágio do meio técnico-científico-informacional, mas é possível, em tese, planejar e gerenciar o território. Então, a nossa guerra não é a de combater o clima, mas construir espaços equilibrados e saudáveis, habitados por pessoas conscientes e conhecedoras de seus direitos e responsáveis por seu destino.

Considerações finais

Voltando ao início deste texto, em que assumimos a perspectiva de que o clima não é apenas um fato, mas uma teoria, teremos de admitir que os riscos climáticos (enquanto fenômenos geográficos) se revelam tanto como resultantes de sua dinâmica quanto como uma construção que resulta do processo de produção social do espaço.

A atmosfera sobre um dado território é, ao mesmo tempo, fluxo dinâmico de energia e reflexo de como esse território é socialmente produzido. Assim, os tipos de tempo e o clima nas escalas locais e regionais são tanto o resultado da interação dos processos físicos quanto um produto do meio técnico. Quanto maior for o desequilíbrio entre os fluxos (dinâmica climática) e os territórios a estes associados, maior será o impacto climático e maior a vulnerabilidade socioespacial.

Trata-se, portanto, de analisar os riscos num contexto de injustiça ambiental e exclusão social. Assim, não podemos nos submeter ao discurso hipócrita e ideológico de combater as alterações climáticas como se estas tivessem sido causadas pelas práticas cotidianas da maior parte da humanidade, quando na verdade ela é fruto das necessidades do mercado, da indústria, pelas matrizes energéticas, pelo avanço da agropecuária sobre biomas que deveriam ser preservados, pela concentração de riqueza.

As alterações climáticas são consequências de como o território é produzido. Assim, não faz nenhum sentido combater as consequências, se não se combatem as alterações climáticas. Há que se combater as suas causas. E as causas são a forma intensa, predatória e desigual da produção do espaço, que segue lógicas do modelo de desenvolvimento econômico desigual e excludente. Este sim precisa ser combatido, enfrentado e alterado.

Desta forma, a Geografia do Clima pretende recolocar as análises e interpretações das relações entre a natureza (clima) e a sociedade (território) numa nova perspectiva, dotando-a de conteúdo que lhe é conferida pela construção social do espaço. Buscar novas perspectivas, ainda que utópicas, para a construção de uma sociedade menos desigual e mais saudável, que não estará isenta de sofrer os impactos das alterações climáticas, mas que, por meio de ações mitigadoras, da organização de sistemas de proteção e prevenção, estará mais compromissada com a construção de um mundo melhor.

Agradecimentos

Este texto é o resultado de um conjunto de reflexões coletivas com colegas e ex-alunos ao longo de várias décadas. Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) o financiamento concedido por meio de projetos e bolsas de estudo. Acima de tudo, sou muito agradecido à Universidade Estadual Paulista (Unesp) por ter me oferecido as condições necessárias para que isto se tornasse possível.

Referências

ARMOND, N. **Dinâmica climática, excepcionalidades e vulnerabilidade**: contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2018.

CURRY, L. Climate and economic life: a new approach. **The Geographical Review**, Kent, v. 42, n. 3, p. 367-383, 1952.

FAGAN, B. **O longo verão**: como o clima mudou a civilização. Lisboa: Edições 70, 2007.

HARVEY, D. O espaço como palavra-chave. **Revista em Pauta**, Niterói, v. 13, n. 35, p. 126-152, 2015.

HARVEY, D. **Social justice and the city**. Athens: University of Georgia Press, 1973.

HULME, M. **Weatheread**: cultures of climate. London: Sage, 2016. DOI 10.4135/9781473957749.

LAMB, H. H. **Climate**: present, past, and future. London: Methuen, 1972.

LEFEBVRE, H. **A produção do espaço**. Tradução de Doralice Barros Pereira e Sergio Martins, 2006. Título original: *La production de l'espace*, 4. ed. Paris: Anthropos, 2000.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971. (Série Climatologia; n. 1).

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Igeog; USP, 1976.

PEIXOTO, A. **Clima e saúde**. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1938.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da Anpege**, Dourados, v. 4, p. 51-72, 2008.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do clima. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v. 17, p. 4-62, 2001.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**. São Paulo: Editora da USP, 2004.

SORRE, M. **Les fondements de la géographie humanine**. Paris: Armand Colin, 1951.

A DINÂMICA DA TRANSFORMAÇÃO DO OESTE PAULISTA REVELADA PELOS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS

Marcel Bordin Galvão Dias
Antonio Manoel dos Santos Oliveira
João Osvaldo Rodrigues Nunes

Introdução

O processo civilizatório tem sido seriado com as revoluções tecnológicas de sua história, ou seja, as civilizações podem ser caracterizadas pelas técnicas que utilizam para a sua sobrevivência e reprodução, no tempo e no espaço do planeta (Ribeiro, 1975). O estágio evolutivo da técnica implica formas e intensidades diferentes da ação do homem no meio ambiente.

Após a industrialização, as mudanças do meio ambiente atingem a escala global, assim como as marcas da ação humana na paisagem. Tais marcas, claramente delineadas no tempo geológico, extrapolam os limites do local e possibilitam a identificação da ação humana em escala planetária.

As ações humanas passam a ser capazes de interferir em fenômenos e processos que, em períodos anteriores, ocorreriam de modo mais lento e gradual no transcorrer do tempo geológico. Desta forma, a alteração das dinâmicas da natureza por parte da sociedade vem sofrendo contínua aceleração, iniciada a partir da primeira grande revolução agrícola, momento em que os grupos humanos se sedentarizam, fixando-se a terra e cultivando-a para seu sustento.

Inicia-se um processo de alteração das condições naturais, a começar pela conversão de florestas em pastagens e áreas de cultivo, no intuito de facilitar a instalação dos grupos humanos e possibilitar a extração dos recursos necessários à sua sobrevivência. Com o desenvolvimento da agricultura, há mudanças nos processos de dinâmica superficial, a exemplo da erosão, que passou a ocorrer em locais onde, pelas condições naturais, não ocorreria, intensificando-se em outros, adquirindo novo *modus operandi*.

Conforme Oliveira (1990), a Revolução Neolítica, quando os grupos humanos encerram sua fase coletora ao desenvolver técnicas de produção de alimentos, representa um momento de mudança, no qual a atividade humana passa a ser qualitativamente diferenciada da atividade biológica na modelagem da superfície terrestre, desencadeando processos cuja intensidade supera significativamente a dos processos naturais. O ser humano passa então, na condição de novo agente geológico, a transformar a natureza, através do trabalho e da técnica, conforme seus interesses e, deste modo, tem-se a conformação de uma nova natureza (tecnificada).

Em relação ao debate das temporalidades, Suertegaray e Nunes (2001) destacam que, nos estudos geomorfológicos, o tempo histórico, ou o tempo que faz, é entendido como o tempo curto, dos processos morfodinâmicos, em que os seres humanos efetuam ações de transformações rápidas, alterando as dinâmicas da natureza; enquanto o tempo geológico é o tempo profundo/longo, dos processos morfogenéticos, em que não houve alteração por ação humana.

> O tempo que faz promove mudanças espaciais a partir de escalas temporais de reduzida dimensão. Essa aceleração do tempo diz respeito ao desenvolvimento da sociedade e do homem através do seu fazer técnico. Por conseguinte, admitir a transformação do relevo como uma consequência da apropriação da natureza e sua progressiva dominação implica um repensar epistemológico que nos exige transgressão disciplinar e nos aproxima das humanidades (Suertegaray; Nunes, 2001, p. 21).

Ao relacionar as diferentes temporalidades (geológicas e históricas) com o espaço geográfico, onde as ações humanas são materializadas, Santos (2006) discute as transformações que as relações entre as diferentes sociedades e a natureza foram promovendo ao longo da história, apresentando as distintas temporalidades através dos conceitos de meio natural, meio técnico e meio técnico científico-informacional, este último compreendido como:

> Antes, eram apenas as grandes cidades que se apresentavam como o império da técnica, objeto de modificações, supressões, acréscimos, cada vez mais sofisticados e mais carregados de artifícios. Esse mundo artificial inclui, hoje, o mundo rural. Segundo G. Dorfles (1976), este é marcado pela presença de "materiais plásticos, fertilizantes, colorantes, inexistência

> na natureza, e a respeito dos quais, de um ponto de vista organolético, táctil, cromático, temos a nítida sensação de que não pertencem ao mundo natural" (Santos, 2006, p. 160).

Os produtos da ação humana sobre as dinâmicas da natureza são diversos. Entre eles, os depósitos tecnogênicos, entendidos como depósitos geológicos resultantes da atividade humana (Chemekov, 1983; Ter-Stepanian, 1988) modificadora dos processos de dinâmica superficial por meio das diferentes formas de uso e ocupação das terras.

No Brasil, devido à crescente presença de deposições tecnogênicas em ambientes urbanos e rurais, os estudos que buscam compreendê-las, no que se refere aos materiais constituintes, às características físicas (estratigrafia, volume, textura, entre outras) e aos processos geradores, têm crescido nas últimas décadas. Destacam-se, a partir da década de 1990, os trabalhos desenvolvidos por Nolasco (2002), Oliveira (1994), Peloggia (1996) no intuito de compreender a gênese dessas formações e sua relação com as diversas intervenções humanas para a produção e transformação do espaço geográfico.

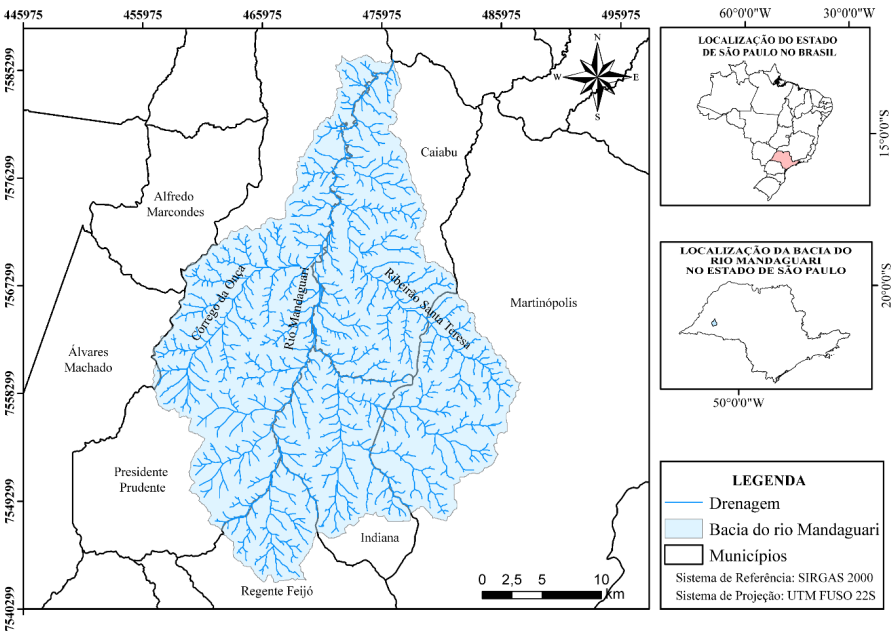
Neste contexto, Oliveira (1995) propõe a denominada abordagem geotecnogênica do meio físico, a qual pressupõe que os processos e materiais geológicos estão sujeitos aos condicionantes tecnogênicos, representativos da ação geológica humana transformadora da dinâmica dos processos superficiais. No entanto, a ação geológica humana já era considerada em clássicos da Geologia. Conforme Peloggia (2005), Charles Lyell (1797-1875), em *Principles of geology*, faz menção às atividades humanas relacionadas à drenagem de lagos e pântanos e aos efeitos dos desmatamentos extensivos em regiões montanhosas na produção de sedimentos responsáveis por alterar planícies e linhas costeiras.

Na perspectiva da abordagem geotecnogênica, o presente estudo propõe-se a analisar deposições tecnogênicas ocorrentes em fundos de vale do Oeste Paulista, partindo-se do pressuposto de que estas são testemunhadoras da dinâmica dos processos superficiais, modificada pelos diferentes usos da terra implementados ao longo do tempo, que responderam pelo incremento e a mudança qualitativa da erosão e a consequente produção de sedimentos que entulharam os fundos de vale, resultando em inúmeras deposições de caráter tecnogênico.

Para tanto, foi eleita como área de amostragem a bacia hidrográfica do Rio Mandaguari (Figura 1), cujos limites abarcam os municípios de

Regente Feijó, Indiana, Martinópolis, Caiabu e Presidente Prudent/SP. Os depósitos tecnogênicos amostrados na referida área constituem indicadores importantes das transformações geoambientais que ocorreram e vêm ocorrendo no Oeste Paulista por meio da observação da dinâmica a que estão sujeitos em função das condições das fontes de sedimentos, configuradas pelos usos das terras.

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Mandaguari, no Oeste Paulista



Fonte: Dias (2020)

A escolha da área para estudo justifica-se pelo fato de os distintos usos da terra e sua evolução espaçotemporal responderem por alterações no comportamento das águas superficiais e pelo desencadeamento de impactos ambientais, como erosão acelerada e assoreamento dos canais de drenagem, que atuaram para a gênese de depósitos tecnogênicos.

Além disso, merece destaque o fato de a área ter sido documentada por estudo anterior, elaborado por Baumgardner Jr. (1979), intitulado *A quantitative geomorphic study of the Ribeirão do Mandaguari, São Paulo, Brazil*, no qual o autor analisa os atributos morfométricos da bacia hidrográfica

do Rio Mandaguari, bem como identifica processos erosivos nas áreas adjacentes, associados ao uso urbano da terra, fornecendo importantes elementos para a compreensão do quadro evolutivo das dinâmicas geotecnogênicas na bacia.

No entanto, inexistem para a referida bacia estudos voltados a compreender as transformações na paisagem a partir da análise das deposições tecnogênicas ocorrentes, considerando-as indicadoras da ação geológica humana transformadora da dinâmica dos processos superficiais. Assim, a realização de tais estudos pode fornecer subsídios importantes para o entendimento das dinâmicas dos processos atuais, e também possibilitar a elaboração de prognósticos, com vistas ao planejamento e à gestão ambiental eficientes.

Objetivo

O objetivo principal deste estudo é o de fornecer elementos necessários para considerar os depósitos tecnogênicos do Oeste Paulista como indicadores de processos geotecnogênicos de dinâmica superficial que estão ocorrendo na bacia hidrográfica eleita como área de amostragem.

Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho contemplou um conjunto de procedimentos inerentes à abordagem geotecnogênica, executados em escritório, campo e laboratório. Em escritório, foram realizadas as revisões de literatura para a construção da fundamentação teórica na qual se alicerçam as análises dos resultados obtidos em campo e laboratório, bem como a elaboração dos produtos gráficos e cartográficos. Em campo, procedeu-se a identificação e coleta de amostras em deposições tecnogênicas de perfis situados em taludes marginais ao longo do canal principal; e em laboratório, as análises granulométricas para caracterização textural do material coletado.

As coletas de amostras foram executadas utilizando-se metodologia adaptada de Lemos e Santos (1996). Devido à friabilidade do material, de textura majoritariamente arenosa, optou-se por identificar e coletar o material a partir do corte do talude marginal no qual se encontrava o perfil de deposição, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Procedimento para identificação e caracterização dos perfis de deposição na área de estudo

Fonte: Dias (2020)

Após a limpeza dos perfis, procedeu-se a identificação e descrição das diferentes camadas de deposição quanto a espessura e eventual presença de artefatos relacionados às atividades humanas. A identificação das camadas foi feita a partir das variações de cor e de textura tátil, esse último aspecto observado por meio da coesão/friabilidade do material presente em cada camada.

A análise granulométrica do material coletado foi executada no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/Unesp), campus de Presidente Prudente, seguindo a metodologia constante no *Manual de métodos de análise de solo* elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brasil, 1997), com adaptações, dada a inexistência de uma metodologia de análise laboratorial específica para esse tipo de material (tecnogênico). O procedimento teve por objetivo estabelecer a classe textural dominante nas amostras coletadas, bem como promover a separação de eventuais materiais presentes nas camadas, como fragmentos de carvão, plásticos, madeira etc. (Figura 3).

Figura 3 – Amostra bruta peneirada utilizando-se peneira de 1 mm de abertura

Fonte: Dias (2020)

Findadas as coletas em campo e análise laboratorial do material coletado, realizaram-se as análises comparativas entre o cenário atual e aquele encontrado e registrado por Baumgardner Jr. no fim dos anos de 1970, no intuito de delinear um quadro evolutivo das deposições tecnogênicas ocorrentes, atrelada às transformações nos usos das terras e suas implicações sobre as dinâmicas superficiais, bem como a elaboração de um prognóstico a respeito das dinâmicas erosivas, importante instrumento para o planejamento e execução das intervenções humanas na área em estudo.

O prognóstico referente às dinâmicas erosivas foi elaborado a partir da evolução espaçotemporal dos diferentes usos e coberturas da terra, identificada nos mapeamentos temáticos elaborados para a área de estudo. Com base nesses mapeamentos, buscou-se identificar uma tendência evolutiva para os usos da terra na bacia. Nessa análise, ponderou-se que a expansão de certos usos pode contribuir ou não para a atenuação dos processos erosivos, a depender da adoção de práticas conservacionistas de uso do solo.

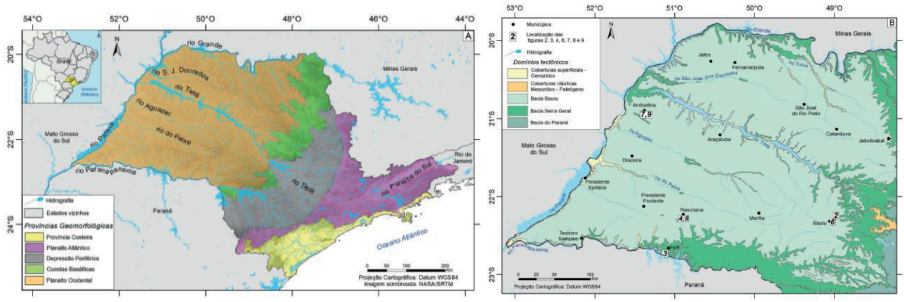
O Planalto Ocidental Paulista e os depósitos tecnogênicos

O Planalto Ocidental Paulista (Figura 4A) ocupa uma área de aproximadamente 126 mil km^2, desde cerca de 200 km a oeste da capital do

estado (São Paulo) até o Rio Paraná, na fronteira com o estado de Mato Grosso do Sul. Constitui o mais extenso compartimento de relevo do estado de São Paulo, ocupando cerca de metade de sua área, entre as latitudes de 20º e 23º S e as longitudes de 48º e 53º W.

Esse planalto foi esculpido em relevo levemente ondulado com predomínio de colinas amplas (Ross; Moroz, 1997), predominantemente em arenitos do Grupo Bauru, cretácicos e, secundariamente, em basaltos da Formação Serra Geral, subjacente aos arenitos, ocorrendo nos fundos de alguns vales (Ponçano *et al.*, 1981) (Figura 4B). Formações mais recentes correspondem a depósitos aluvionares que ocorrem nos leitos dos rios de maior porte da região, destacando-se Tietê, Peixe, Aguapeí, São José dos Dourados e Turvo.

Figura 4 – (A) O Planalto Ocidental Paulista no Estado de São Paulo. (B) Províncias geomorfológicas, de acordo com Ponçano *et al.* (1981)



Fonte: Oliveira e Queiroz Neto (2019)

As mudanças no uso da terra ocorridas no Planalto Ocidental Paulista foram responsáveis por reduzir as áreas com vegetação nativa e assim reordenar a dinâmica de escoamento superficial das águas. A esse respeito, Oliveira e Queiroz Neto (1994, p. 100) concordam que o povoamento do Planalto Ocidental Paulista,

> [...] iniciado há cerca de um século, é o principal responsável pelos intensos processos erosivos que se manifestam até hoje, respondendo às diversas formas de uso do solo que se sucederam após os extensos desmatamentos. Esta erosão reflete não somente a radical alteração da cobertura vegetal, mas também a introdução do manejo do solo urbano ou rural, em terras virgens, responsáveis por extraordinárias

> mudanças do comportamento erosivo, sofrido pelo Planalto Ocidental paulista.

As alterações ocorridas na dinâmica hídrica superficial foram caracterizadas pela intensificação e concentração dos fluxos de escoamento, resultando na formação de feições erosivas (lineares e laminares). Tais mudanças colaboraram para o incremento da produção de sedimentos em quantidade muito superior ao quadro primitivo, resultando na gênese dos depósitos tecnogênicos (Oliveira; Queiroz Neto, 1994).

Em período mais recente, outros impactos se iniciaram como resultado de mudanças no uso das terras do Planalto Ocidental Paulista, tais como as mudanças de culturas; por exemplo, o avanço da cana-de-açúcar sobre áreas de pastagem e de culturas anuais em alguns locais; a implantação de rede viária, linhas de transmissão, dutos etc., conforme mencionam Oliveira e Brannstrom (2004).

Deste modo, os depósitos tecnogênicos ocorrentes no Planalto Ocidental Paulista testemunham não apenas o caráter descontínuo da erosão, mas também o caráter histórico dos processos de erosão acelerada na região, de modo que sua análise deve ser feita considerando-se aspectos históricos, geológico-geomorfológicos, hidrológicos etc. (Oliveira, 1994).

Oliveira e Queiroz Neto (2019, p. 97) defendem neste contexto que

> [...] a aplicação do conceito de Aloformação é adequada à nomenclatura estratigráfica dos depósitos dos fundos dos vales do Planalto Ocidental Paulista, pois registram e expressam o efeito regional de um evento histórico expressivo no oeste do estado de São Paulo.

Assim, propõem a designação Aloformação Andradina, denominação em referência à localidade que teve o primeiro depósito tecnogênico estudado por Oliveira (1990) (Figura 5) e onde é possível reconhecer a referida Aloformação como

> [...] um estratótipo, não resultante de um evento fortuito ou localizado, mas sim a expressão do quadro geológico configurado pela ação do homem como agente geológico no Planalto Ocidental Paulista (Oliveira; Queiroz Neto, 2019, p. 97).

Figura 5 – Vista do depósito tecnogênico de Andradina estudado em 1989. Abaixo, imagem de satélite Digital Globe (Fonte: Google Earth) da área (Córrego Pereira Jordão, afluente do Rio Moinho, Bacia do Rio Paraná, município de Andradina/SP)

Fonte: Oliveira e Queiroz Neto (2019)

A proposição de uma unidade aloestratigráfica referente às deposições tecnogênicas ocorrentes no Planalto Ocidental Paulista soma-se a outras proposições elaboradas por diversos autores para designar estratigraficamente os depósitos tecnogênicos, como a Aloformação Carrapato[7], referida como depósito tecnogênico de encosta na região de Bananal; a Aloformação Resgate[8], constituída por depósitos tecnogênico-aluviais

[7] MOURA, J. R. S.; MELLO, C. L. Classificação aloestratigráfica do quaternário superior na região de Bananal (SP/RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 236-254, 1991.

[8] MELLO, C. L. *et al*. Eventos de sedimentação durante o Holoceno no médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ): aloestratigrafia e datações por radiocarbono. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 5., 1995, Niterói. **Anais [...]**. Niterói: ABEQUA, 1995. p. 193-200.

na região de Bananal; a Aloformação Ribeirão Mombaça[9], referida como depósito de baixo terraço e planícies de inundação de cursos d'água do médio Vale do Rio Doce; a Formação Várzea do Carmo[10], para designar o conjunto de depósitos tecnogênicos formados nas planícies fluviais da cidade de São Paulo (Oliveira; Queiroz Neto, 2019); e a Formação Rio Una[11], contemplando depósitos sedimentares induzidos por processos erosivos acelerados na bacia hidrográfica do Rio Una, município de Taubaté/SP.

As referidas Aloformações compartilham a ideia de que as deposições denominadas como tecnogênicas são a expressão dos efeitos decorrentes da ação geológica humana, em uma dada região, a exemplo dos processos erosivos tecnogênicos, responsáveis por ampliar o aporte de sedimentos, que colmatam os fundos de vale, como ocorrido no Planalto Ocidental Paulista. O mesmo cenário pode ser observado na bacia do Rio Mandaguari, onde foram identificadas deposições tecnogênicas nos fundos de vale, conforme será descrito a seguir.

A bacia hidrográfica do Rio Mandaguari

Em termos geológicos, considerando classificação adotada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (São Paulo, 1981) para o mapeamento geológico do estado de São Paulo, a área em estudo encontra-se nos domínios da Formação Adamantina (Cretáceo Superior), pertencente ao Grupo Bauru.

Do ponto de vista composicional, Paula e Silva *et al.* (1994) indicam para a Formação Adamantina a presença, em subsuperficie, de arenitos avermelhados a acastanhados, finos a muito finos, argilosos, carbonáticos, quartzosos, intercalados por camadas de lamito marrom a avermelhado, arenoso, carbonático.

A respeito da Geomorfologia, a área de estudo está inserida, conforme a proposta de Ross e Moroz (1997), na morfoescultura do Planalto Ocidental

[9] MELLO, C. L. **Sedimentação e tectônica cenozoicas no médio Vale do Rio Doce (MG, sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos**. 1997. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

[10] PELOGGIA, A. U. G. **O homem e o ambiente geológico**: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998.

[11] PELOGGIA, A. U. G.; CAPELLARI, B.; SHIKAKO, A. S. Registros geológicos tecnogênico-sedimentares (antropogênicos) no vale do Paraíba do Sul (Taubaté-SP): a Aloformação Rio Una. *In:* SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 14., SIMPÓSIO DO CRETÁCEO DO BRASIL, 8., 2015, Campos do Jordão. **Anais** [...]. Campos do Jordão: SBG/Núcleo São Paulo, 2015.

Paulista, na unidade do Planalto Centro Ocidental, contexto geomorfológico marcado por relevo suavemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos convexizados, na escala de 1:500.000.

De acordo com o mapa geomorfológico do município de Presidente Prudente, na escala de 1:25.000, elaborado por Nunes e Fushimi (2010), onde está inserida parte da bacia hidrográfica do Rio Mandaguari, o relevo apresenta três compartimentos, que se associam com as seguintes formações geológicas e pedológicas:

1. Topos suavemente ondulados das colinas convexizadas, onde predominam solos desenvolvidos (associação Latossolos Vermelhos) ou solos rasos a desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos). Em alguns setores, têm-se solos rasos (associação Neossolos Litólico) e afloramento dos arenitos da Formação Adamantina (São Paulo, 1981);
2. Domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas, com ocorrência de solos rasos a desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos) ou solos rasos (associação Neossolos Litólicos). É frequente o afloramento dos arenitos da Formação Adamantina;
3. Planícies aluviais e alvéolos, com a presença de solos hidromórficos (associação Planossolos e Gleissolos) e depósitos tecnogênicos. Em alguns pontos, tem-se o afloramento dos arenitos da Formação Adamantina.

Foram observados dois padrões distintos de compartimentos de relevos em relação aos tipos de colinas e vertentes:

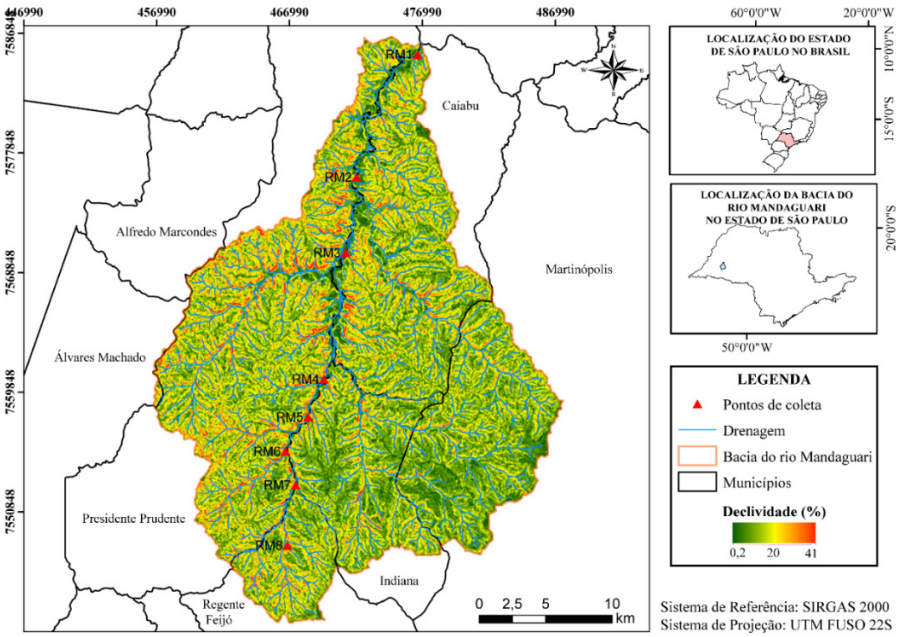
- O primeiro padrão é encontrado com maior frequência no setor norte e sul do município. Possui baixa rugosidade topográfica, com colinas maiores de topos amplos e aplainados, associados a vertentes longas e retilíneas, predominando declividade entre 5% e 10%, densidades de drenagem esparsa e amplas dimensões interfluviais, com presenças de planícies aluviais com morfologias de fundo de vale chato. O substrato geológico são as rochas sedimentares da Formação Adamantina (Grupo Bauru), sendo muito friáveis, formando solos profundos do tipo Latossolos. Essas características físicas demonstram baixa a média vulnerabilidade ambiental a processo erosivos;

- O segundo padrão é identificado sobretudo no setor central do município. Apresenta rugosidade topográfica média, sendo de colinas menores, topos convexos, com predomínio de declividades acima de 20% e vertentes convexas, sendo que as côncavas são mais preponderantes nos setores de cabeceiras de drenagem em anfiteatros, vinculados aos canais de primeira ordem fluvial. Isto se reflete nas densidades de drenagem médias, com padrões dendríticos, dimensões interfluviais menores e morfologias de fundos vales encaixados em V. O substrato geológico são as rochas sedimentares da Formação Adamantina (Grupo Bauru), sendo menos friáveis devido à presença maior do $CaCO_3$ (agente cimentante), formando os Argissolos e Neossolos Litólicos. Estas características físicas indicam média a alta vulnerabilidade ambiental a processo erosivos.

A bacia hidrográfica do Rio Mandaguari situa-se nesse contexto geomorfológico marcado por relevo suavemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos convexizados. No setor leste, em especial no sudeste, é possível identificar o predomínio de morfologias retilíneas; enquanto no setor oeste há maior ocorrência das convexas, o que se coaduna com a descrição apresentada por Nunes e Fushimi (2010) no mapeamento geomorfológico elaborado para o município de Presidente Prudente/SP, situado nesse setor da bacia.

O mapa clinográfico da bacia (Figura 6) atesta o predomínio de declividades que geralmente não ultrapassam os 20%, comuns à unidade morfológica (Planalto Centro Ocidental) na qual se insere a área de estudo, com exceção das áreas de cabeceiras de drenagem ou aquelas nas quais há maior entalhamento dos canais, acentuando as declividades, que podem alcançar a casa dos 40%, com destaque para sua porção oeste. Em oposição, o setor sudeste é o que apresenta as menores declividades.

Figura 6 – Mapa clinográfico da bacia hidrográfica do Rio Mandaguari



Fonte: Dias (2020)

A declividade tem relação direta com a ocorrência dos processos erosivos. Quanto mais acentuada a declividade, mais rápido a energia potencial das águas transforma-se em energia cinética e maior é a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, responsáveis pela erosão (Crepani *et al.*, 2001). Por isso, é variável importante para a compreensão da dinâmica erosiva, associada a outras, como o tipo de solo e suas propriedades físicas (textura, estrutura, permeabilidade), as condições climáticas e a cobertura e uso da terra. Tais variáveis, em conjunto, são utilizadas no estabelecimento dos índices de vulnerabilidade a erosão.

Em termos de cobertura pedológica, destacam-se os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA), que ocupam boa parte da área em estudo, ao passo que os Latossolos Vermelhos (LV) têm sua ocorrência restrita ao setor sudeste da bacia, enquanto os Gleissolos Háplicos (GX) estão restritos às áreas de planície.

Oliveira (1999), referindo-se à classe dos Latossolos, classifica-os, devido à boa permeabilidade interna e capacidade de infiltração, além

da localização em áreas de relevo pouco declivoso, como solos com baixa erodibilidade quando de textura argilosa. Já aqueles de textura franco-a-renosa, devido a coesão e adesão baixas, são mais suscetíveis à erosão, fato este amenizado pelas condições de relevo, geralmente aplainado ou suave ondulado, nas quais ocorrem estes solos.

Ressalta-se que a maior ou menor tendência a erosão (erodibilidade), considerando-se os atributos naturais dos solos, pode ser modificada pelo uso da terra, de acordo com as atividades econômicas nela desenvolvidas e as técnicas de manejo utilizadas.

A bacia em estudo situa-se em contexto ambiental caracterizado por intensa antropização, responsável por alterar os processos de dinâmica superficial. As transformações no uso da terra na área são observáveis na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 – Evolução da área ocupada (em km²) pelas diferentes classes de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Mandaguari

Anos Classes	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017
Floresta	18,47	24,96	32,57	34,88	36,57	31,09	41,63	33,65
Vegetação campestre	0,05	0	0	0	0	0,02	0,04	0
Pastagem	634,87	652,52	618,15	548,46	502,68	461,09	399,99	385,46
Agricultura	75,27	51,72	77,41	142,08	185,60	230,97	277,16	299,61
Urbano	8,65	9,38	10,34	11,78	12,84	13,27	17,01	17,10
Áreas não vegetadas	1,39	0,26	0,30	1,42	1	1,7	1,05	0,77
Silvicultura	0	0	0	0	0	0,52	1,8	2,02
Água	0,22	0,07	0,14	0,28	0,22	0,25	0,25	0,2
Total	739	739	739	739	739	739	739	739

Fonte: Dias (2020)

A partir da análise comparativa entre os anos amostrados, é possível destacar alguns pontos, sendo:

- Desde a década de 1980, e conforme a literatura até mesmo em período anterior, as pastagens ocupam área significativa na bacia

hidrográfica do Rio Mandaguari. Nota-se que, até o início dos anos de 1990, as áreas de pastagem encontram-se em expansão. A partir de 1995, observa-se um declínio da área por ela ocupada, tendência que se manterá nos anos posteriores, indicando sua substituição por outros usos, em especial, a agricultura;

- A expansão da área urbana dos municípios que integram a bacia (Presidente Prudente, Regente Feijó, Indiana, Martinópolis e Caiabu) é evidente, tendo como setores preferenciais os espigões divisores de água, com declividades pouco acentuadas na porção leste da bacia e mais acentuadas na porção oeste. A ocupação dessas áreas responde, muitas vezes, por um quadro de degradação das nascentes e seu entorno em decorrência da urbanização;
- A expansão da área agrícola em meados da década de 1990, em detrimento da redução das áreas destinadas às pastagens, em especial nas porções norte e leste da bacia, fato este evidenciado também nos mapeamentos mais recentes, por exemplo, ao se comparar a situação do referido uso em 2015 e em 2017, atestando que as mudanças no uso da terra na bacia ainda estão em curso.

Os depósitos tecnogênicos na bacia hidrográfica do Rio Mandaguari

Os registros fotográficos feitos por Baumgardner Jr. (1979) no fim da década de 1970, ao realizar um estudo geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Mandaguari, e utilizados como referência iconográfica neste trabalho, atestam a existência de feições erosivas lineares ativas à época (Figura 7), relacionadas aos usos da terra predominantes e às técnicas de manejo adotadas, com elevada capacidade na produção de sedimentos, responsáveis por colmatar os fundos de vale, gerando os depósitos tecnogênicos.

Figura 7 – Registro fotográfico no trecho próximo à foz do Rio Mandaguari feito por Baumgardner Jr. em 1978

Fonte: Baumgardner Jr. (1979)

O cenário registrado por Baumgardner Jr. na década de 1970 difere-se substancialmente do atual, quando se observa a mudança no uso da terra, com a pecuária dando lugar as áreas de cultivo de cana-de-açúcar, e a adoção de práticas conservacionistas, como as curvas de nível (Figura 8). Somado a isso, tem-se a ampliação das áreas vegetadas marginais ao Rio Mandaguari, fato este que pode ser creditado ao cumprimento de legislação voltada à preservação dos recursos hídricos, mediante a ampliação da atividade fiscalizatória.

Figura 8 – Área de cultivo de cana-de-açúcar às margens do Rio Mandaguari no trecho próximo à foz

Fonte: Dias (2020)

A partir da análise de imagens de satélite de diferentes períodos, pode-se observar que o canal está erodindo os materiais depositados em períodos anteriores, sobretudo aqueles situados em taludes da margem esquerda. Esse cenário se contrapõe ao encontrado por Baumgardner Jr. nos anos de 1970 quando os canais de drenagem se encontravam assoreados, em razão de as fontes de produção de sedimentos estarem superativas, devido aos intensos processos erosivos ocorrentes a época, quando o uso da terra era dominado pelas pastagens.

Na atualidade, a adoção de práticas conservacionistas de uso da terra e a ampliação da vegetação marginal têm contribuído para a atenuação do aporte de sedimentos lançados pelos fluxos de escoamento superficial nos fundos de vale, possibilitando maior trabalho erosivo da drenagem sobre as deposições existentes.

Em relação aos materiais constituintes, a análise granulométrica realizada nas deposições amostradas indicou o predomínio da fração areia, justificável pela composição majoritariamente arenosa das áreas-fonte, tanto de ponto de vista geológico, com os arenitos da Formação Adamantina, como do ponto de vista pedológico, com os Argissolos Vermelho-Amarelos que dominam a bacia, e em menor proporção os Latossolos Vermelhos, sendo as principais fontes de sedimentos para as deposições.

A textura majoritariamente arenosa, além da estratificação plano-paralela e a presença de restos de artefatos e/ou fragmentos de carvão nas deposições amostradas, coaduna-se com as características descritas por Oliveira (1994) para os depósitos tecnogênicos de fundo de vale, induzidos pela erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista.

Do ponto de vista classificatório, tendo como base a classificação de terrenos tecnogênicos proposta por Peloggia, Silva e Nunes (2014), com colaborações de Peloggia (2015) e Vitorino *et al.* (2016), revista e ampliada, apresentada por Peloggia (2017), as deposições amostradas na área de estudo classificam-se conforme consta no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Registro fotográfico e classificação dos depósitos tecnogênicos amostrados na bacia hidrográfica do Rio Mandaguari

Ponto RM1	Ponto RM2	Ponto RM3	Ponto RM4
Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada com macroartefatos.	Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada sem macroartefatos.	Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada sem macroartefatos.	Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada com macroartefatos.
Ponto RM5	**Ponto RM6**	**Ponto RM7**	**Ponto RM8**
Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada com macroartefatos.	Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada com macroartefatos.	Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada sem macroartefatos.	Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada sem macroartefatos.

Fonte: Dias (2020)

A partir das atividades de campo, também foi possível perceber a ocorrência de alterações na morfologia fluvial. Depois do assoreamento, os canais tendem a meandrar, com escavação.

À época de Baumgardner Jr., os canais de drenagem encontravam-se assoreados por sedimentos oriundos dos intensos processos erosivos deflagrados a partir da ocupação primitiva, responsável pela remoção massiva da cobertura vegetal e a alteração dos processos superficiais nas vertentes. Tem-se uma primeira fase em termos hidrossedimentológicos, na qual as fontes de produção de sedimentos estavam superativas, em virtude da desnudação superficial. Os sedimentos colmataram os cursos d'água formando depósitos colúvio-aluvionares, de caráter tecnogênico, uma vez que sua existência se vincula às ações humanas.

Em uma segunda fase, os usos da terra na bacia passaram a contribuir para a atenuação dos processos erosivos nas vertentes, e consequentemente da produção de sedimentos, possibilitando aos canais de drenagem erodirem os materiais anteriormente depositados, retrabalhando os depósitos e transportando os sedimentos para áreas a jusante.

Na terceira fase, em curso, observa-se a manutenção do trabalho erosivo da drenagem sobre as deposições, porém limitado por fontes de produção de sedimentos ainda ativas, relacionadas a determinados usos, como a pecuária extensiva e o plantio "morro abaixo", isto é, acompanhando o declive do terreno, que contribuem para a instalação de feições erosivas e o incremento do aporte de sedimentos lançado nos canais de drenagem nos locais onde a morfologia do fundo de vale possibilita receber materiais remobilizados das vertentes.

Ao longo do tempo, o que se observa na área de estudo é o incremento e a mudança qualitativa dos processos erosivos, condicionada pelas transformações no uso e cobertura da terra. O período anterior ao desmatamento massivo era caracterizado pelo predomínio da erosão bioquímica, resultando em sedimentos mais finos. Já o período posterior ao desmatamento é caracterizado pela erosão mecânica, gerando sedimentos mais grosseiros. Além da mudança qualitativa, com o uso agrícola a erosão passa a ocorrer em locais onde, em tese, não ocorreria.

Considerações finais

O cenário atual da bacia do Rio Mandaguari, conforme as observações feitas em campo, caracterizado pela atividade erosiva atuante sobre

o material depositado no período pós-ocupação, valida o prognóstico elaborado por Baumgardner Jr. (1979) e é compatível com as fases hipotéticas de formação e evolução de depósitos tecnogênicos, relacionados ao uso urbano do solo, no Planalto Ocidental Paulista propostas por Oliveira (1990).

O entalhe das deposições tende a se acentuar à medida que as fontes de produção de sedimentos ainda ativas se atenuem, conforme prenunciado por Oliveira (1994) ao idealizar um modelo hipotético de produção de sedimentos para o Planalto Ocidental Paulista, que indica tendência geral de atenuação dos processos erosivos lineares ao longo do tempo. No entanto, essa tendência pode ser revertida em certas localidades, como expansões urbanas executadas sem critérios técnicos ou usos agrícolas desprovidos de práticas conservacionistas, o que contribuiria para a agradação dos antigos depósitos e a colmatação dos canais, iniciando novas fases de deposição e, em seguida, erosão, à medida que se reduz a produção de sedimentos na bacia, de acordo com as intervenções antrópicas realizadas.

Assim, os depósitos tecnogênicos, em concordância com as tendências observadas na evolução do uso da terra e da erosão (linear), passaram de uma fase formativa para uma fase erosiva, identificada através do entalhe, que testemunha a retomada da capacidade de transporte de sedimentos pelos cursos d'água, quando aliviados da carga sedimentar produzida nas áreas-fonte situadas a montante. A fase erosiva, considerada uma fase de resistasia antrópica comparável aos efeitos geológicos de uma mudança climática, tem nos depósitos tecnogênicos um dos seus registros mais expressivos (Oliveira, 1994).

Os depósitos tecnogênicos, além de constituírem uma conexão entre a erosão e a produção de sedimentos na bacia, testemunham o caráter descontínuo da erosão, evidenciado por suas características e de seus entalhes, indicando não haver uma condição contínua dos processos superficiais (erosão-transporte-deposição), mas sim a existência de fases bem delimitadas de evolução desses processos e consequentemente da própria paisagem, conforme destacado por Oliveira e Queiroz Neto (1994).

Além do caráter descontínuo da erosão, os depósitos tecnogênicos atestam o caráter histórico da erosão acelerada, o que demanda uma abordagem que não se limite à análise dos aspectos do meio físico no entendimento da dinâmica erosiva, mas que contemple também a História,

tendo em vista que a erosão acelerada foi condicionada pelos distintos usos da terra implementados ao longo do tempo. Neste sentido, a abordagem geotecnogênica mostrou-se adequada aos propósitos do trabalho ao contemplar um conjunto de procedimentos típicos da Geologia, Geomorfologia e Pedologia, consorciados ao resgate histórico do uso e ocupação da terra, para o entendimento das transformações da paisagem.

O observado em campo e registrado neste trabalho, assim como o registrado pelo pesquisado texano, constitui um trecho da história ambiental da bacia, que continuará a transcorrer. As deposições amostradas, caracterizadas por sedimentos pouco coesos e estratificados, com a presença ou não de artefatos, testemunham a mudança dos processos naturais (geológicos) para os geotecnogênicos (naturais e antrópicos) e constituem registros materiais do Antropoceno, termo em referência à época geológica atual, caracterizada pelo papel central da humanidade em termos geoecológicos, ainda em discussão pela comunidade científica.

Por fim, espera-se que os resultados alcançados constituam subsídios relevantes para o entendimento do quadro ambiental da bacia, contribuindo para o planejamento e a gestão ambiental eficientes, assim como subsidiem trabalhos futuros que possam somar elementos na análise da dinâmica geotecnogênica.

Referências

BAUMGARDNER JR., R. W. **A quantitative geomorphic study of the Ribeirão do Mandaguari, São Paulo, Brazil**. 1979. Thesis Presented to the Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Austin in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of MASTER OF ARTS. May, 1979.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

CHEMEKOV, Y. F. Technogenic deposits. *In*: INQUA CONGRESS, 11., 1983, Moscow. **Anais** [...]. Moscow: International Union for Quaternary Research, 1983.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

DIAS, M. B. G. **Aplicação da abordagem geotecnogênica no entendimento das transformações da paisagem na bacia hidrográfica do rio Mandaguari, oeste paulista, Brasil**. 2020. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2020.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3. ed. Campinas; Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-CNPS, 1996.

NOLASCO, M. C. **Registros geológicos gerados pelo garimpo, Lavras Diamantinas – BA**. 2002. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

NUNES, J. O. R.; FUSHIMI, M. Mapeamento geomorfológico do município de Presidente Prudente-SP. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 3., Encontro Íbero-Americano de Geomorfologia, 1., Encontro Íbero-Americano do Quaternário, 1., 2010, Recife. **Anais** [...]. Recife: UGB; Ufpe, 2010. p. 1-16.

OLIVEIRA, A. M. S. A abordagem geotecnogênica: a geologia de engenharia no quinário. *In*: BITAR, O. Y. (coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE/IPT, 1995. p. 231-241.

OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6., 1990, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: ABGE, 1990. p. 411-416.

OLIVEIRA, A. M. S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios**: exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/PR. 1994. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRANNSTROM, C. Fundamentos da história ambiental do planalto ocidental do estado de São Paulo. *In*: ENCONTRO ESTADUAL DE HISTÓRIA DA ANPUH-BA, 2., 2004, Feira de Santana. **Anais** [...]. Feira de Santana: Uesb, 2004. p. 1-8.

OLIVEIRA, A. M. S.; QUEIROZ NETO, J. P. Aloformação Andradina: expressão do antropoceno no planalto ocidental paulista. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 83-104, 2019.

OLIVEIRA, A. M. S.; QUEIROZ NETO, J. P. Depósitos tecnogênicos induzidos pela erosão acelerada no planalto ocidental paulista. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 73, p. 91-123, 1994.

OLIVEIRA, J. B. **Solos do estado de São Paulo**: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agronômico, 1999.

PAULA E SILVA, F. *et al.* Estudo estratigráfico do Grupo Bauru na região de Presidente Prudente com base em perfis geofísicos de poços para água. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 63-82, 1994.

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 24-31, 2005.

PELOGGIA, A. U. G. Camadas que falam sobre o ser humano, caso encontrem arqueólogos e geólogos que as escutem: rumo a uma arqueogeologia interpretativa dos depósitos tecnogênicos. *In*: ORTEGA, A. M.; PELOGGIA, A. U. G. (org.). **Entre o arcaico e o contemporâneo**: ensaios fluindo entre arqueologia, psicanálise, antropologia e geologia. São Paulo: Iglu, 2015. p. 189-221.

PELOGGIA, A. U. G. **Delineação e aprofundamento temático da geologia do tecnógeno do município de São Paulo**: as conseqüências geológicas da ação do homem sobre a natureza e as determinações geológicas da ação humana em suas particularidades referentes à precária ocupação urbana. 1996. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PELOGGIA, A. U. G. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. **Revista Geociências [da] UnG**, Guarulhos, v. 16, n. 1, p. 102-127, 2017.

PELOGGIA, A. U. G.; SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. Technogenic landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscape as transformed by human geological action. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 67-81, 2014.

PONÇANO, W. L. *et al.* **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. Publicação IPT 1183. Escala 1:1 000 000.

RIBEIRO, D. **O processo civilizatório**: etapas da evolução sociocultural em estudos de antropologia da civilização. 3. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1975.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 10, p. 41-58, 1997.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Desenvolvimento Econômico. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapa geológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. v. 1. Publicação IPT 1184. Escala 1:500.000.

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A natureza da geografia física na geografia. **Terra Livre**, [*S. l.*], v. 2, n. 17, p. 11-24, 2001.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the technogene. **Bulletin I.A.E.G.**, Paris, n. 38, p. 133-142, 1988.

VITORINO, J. C. *et al.* Terrenos tecnogênicos do Jardim Fortaleza, bacia hidrográfica do córrego do Entulho, Guarulhos (SP): mapeamento geológico, estratigrafia, geomorfologia e arqueologia da paisagem. **Revista Geociências [da] UnG**, Guarulhos, v. 15, n. 2, p. 33-60, 2016.

AREAIS NO PAMPA: RISCO AMBIENTAL PARA QUEM?

Roberto Verdum
Jean Carlo Gessi Caneppele
Lucimar de Fátima dos Santos Vieira
Sidnei Luís Bohn Gass
Tania Cristina Gomes
Luís Alberto Pires da Silva

Introdução

O termo "Pampa", de origem quíchua, uma das línguas utilizadas na comunicação dos primeiros humanos autóctones da América do Sul, também falada no Império Inca, significa "região plana", e esta está associada à paisagem dominante de extensas planícies cobertas de vegetação campestre. O Pampa é formado por terrenos planos e arenosos do litoral, cobertos por campos úmidos e banhados; por um mosaico de campos e florestas, e terrenos dobrados da Serra do Sudeste; e, por fim, na fronteira oeste, por campos abertos e colinas alongadas (*coxilhas*, na denominação regional). Em uma breve descrição, a paisagem que caracteriza as formações campestres da porção oeste do Pampa gaúcho compreende os campos de *coxilhas*, cobertos por vegetação herbácea-arbustiva e por *areais*, por relevos testemunhos (*cerros*), por fundos de vales e planícies aluviais.

Conceber a paisagem do Pampa como um mosaico de percepções, atrelada a um conjunto de valores culturais, e que causa diferentes sensações em cada indivíduo que a percorre, é um passo primordial para analisar a realidade geográfica. Ao estudar a paisagem, a percepção inicial tende a expandir e a se modificar conforme as experiências que vivenciamos, pela complexidade que percorre os elementos visíveis antes não perceptíveis. A transformação da paisagem sul-rio-grandense, assim como revela, também esconde diversas informações sobre o contexto geo-histórico da região. É importante, para compreender as mudanças na paisagem, contextualizar que sua interpretação perpassa a existência dos sujeitos que vivenciam o espaço geográfico do Pampa. A cultura da população pampeana, a existência dos sujeitos em suas paisagens de vivência, o

cotidiano no espaço vivido são alguns elementos subjetivos que podem refletir na intencionalidade dos proprietários de terra que, também, são influenciados pelas demandas da macroeconomia nesses municípios.

A contemplação da paisagem aberta do Pampa brasileiro, sobretudo para as *coxilhas* suavemente onduladas no horizonte da campanha gaúcha, especialmente aquelas compostas por morfologias eólicas de interior continental, faz-nos perceber que os **areais** do oeste do estado compõem uma paisagem única dotada de um potencial paisagístico singular, por serem compostos de sedimentos eólicos inconsolidados, portanto frágeis do ponto de vista litológico/pedológico e, por serem cobertos de uma vegetação típica dos campos nativos desse ecossistema, também frágeis do ponto de vista geoecológico (Figura 1).

O processo de **arenização** abrange dez municípios do oeste do Rio Grande do Sul e vem sendo estudado há cerca de quatro décadas, colocando em evidência as preocupações associadas a sua origem e gênese, transformações do uso da terra e preservação dos ecossistemas associados. Os areais são formações superficiais compostas por depósitos eólicos estáveis e instáveis que representam a herança de variações climáticas ao longo do Quaternário, sob condições de climas mais secos do que o atual, e fornecem evidências paleoclimáticas importantes para a compreensão dessa paisagem; aliás, respondendo à questão central neste capítulo, "Areais no pampa: risco ambiental para quem?"

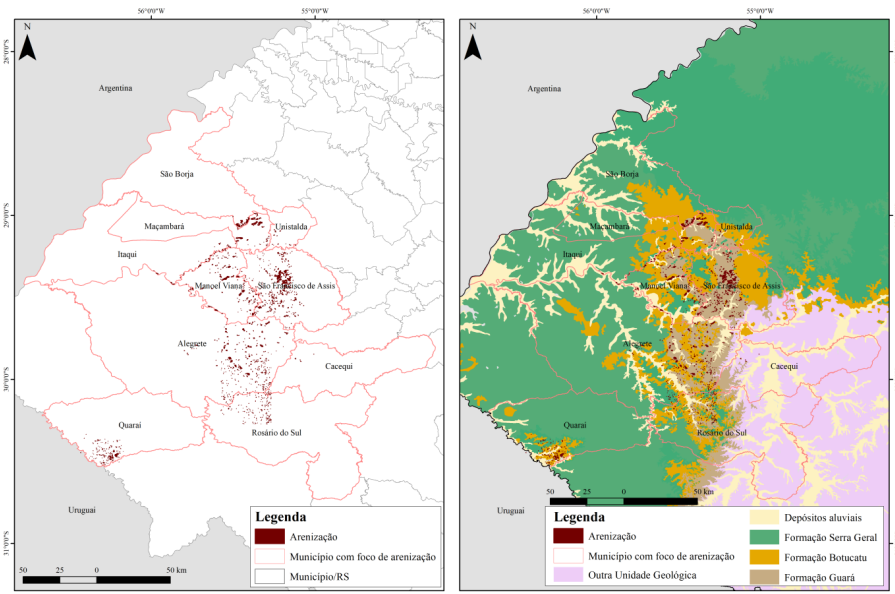
Para a compreensão da dinâmica de agentes erosivos hídricos e eólicos que atuam na geração dos areais, é fundamental compreender a constituição dessas formações, assim como aquelas oriundas de um longo processo, desde esses períodos geológicos até o Quaternário. É exatamente neste período, sobre os depósitos arenosos superficiais, de origem fluvial e eólica, datados do Pleistoceno e Holoceno, que atuam os agentes do clima sob o relevo, a cobertura vegetal e os solos, imbricados com as diversas atividades agrícolas; interações essas que são fundamentais para o entendimento do processo de arenização (Binda, 2016; Dummer, 2019; Dummer, Verdum, 2023; Gass, 2015; Gomes, 2019; Oliveira, 2015; Ribeiro, 2015; Suertegaray, 1987, 1998; Suertegaray; Pires da Silva; Guasselli, 2012; Suertegaray; Guasseli; Verdum, 2001; Verdum, 1997, 2012; Verdum; Soares, 2010).

Neste sentido, observamos que é nas paisagens da denominada Depressão Periférica, no Rio Grande do Sul, que o potencial climático

atual permite um clímax para o crescimento natural da vegetação, sobre os solos tipicamente areno-argilosos. Estes revelam diferenças quanto à dinâmica meteorológica, às características litológicas, hidrológicas, geomorfológicas, de cobertura e do uso do solo associado à ocupação sucessiva das sociedades humanas.

Atualmente, identificamos nessas paisagens tanto a degradação das terras relacionada às dinâmicas ditas naturais quanto, sobretudo, a pressão agrícola crescente de modelos de exploração exercida historicamente sobre os areais e áreas do entorno. Portanto, os estudos apresentados neste capítulo, e que compõem parte das pesquisas realizadas pelo Grupo de Pesquisa da Desertificação/Arenização da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (UFRGS/CNPq), oferecem dados e conhecimentos da dinâmica do meio campestre e subsídios para os debates relativos aos novos modelos de exploração agrícola, que se revelam cada vez mais submetidos às mudanças climáticas, também previstas por nós.

Figura 1 – Municípios com foco de arenização (à esquerda) e relação da arenização com as Formações Guará e Botucatu (à direita)



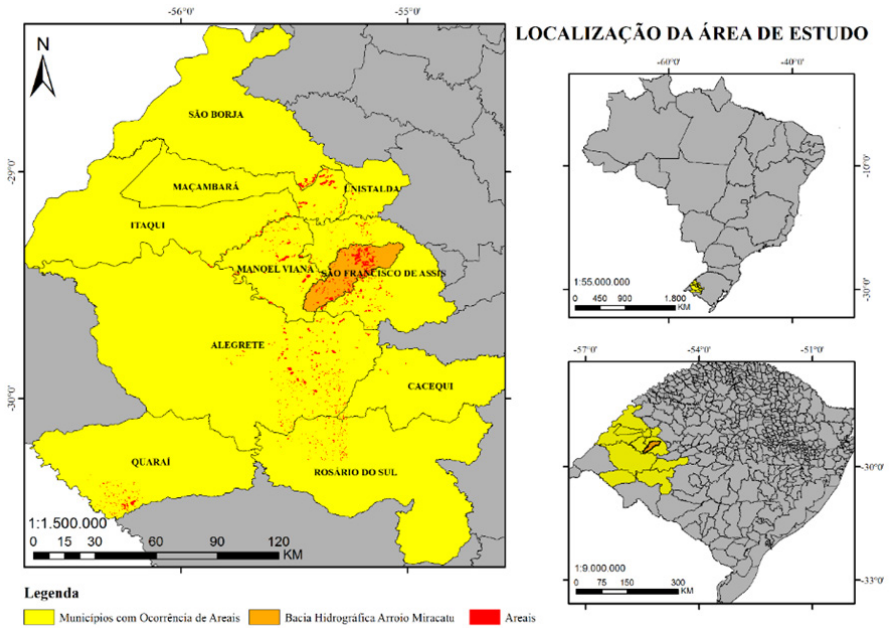
Fonte: adaptada de Caneppele (2017) e Serviço Geológico Brasileiro (SGB, 2008)

As estruturas e dinâmicas da natureza associadas aos riscos da arenização

Evidências tectônicas e os riscos da arenização

Como indícios do controle tectônico, na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu, que abrange parte dos municípios de Manoel Viana e de São Francisco de Assis, numa área de 61.584 ha (Figura 2), foram identificadas litologias em posição altimétrica discordante da posição estratigráfica, mostrando que a movimentação tectônica que gerou o soerguimento e o rebaixamento de porções da bacia também está associada a erosões pretéritas e presentes na área, ao expor formações mesozoicas (Guará) em cotas altimétricas iguais ou próximas das Formações Botucatu e Serra Geral (Dummer; Verdum, 2023).

Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Dummer e Verdum (2023)

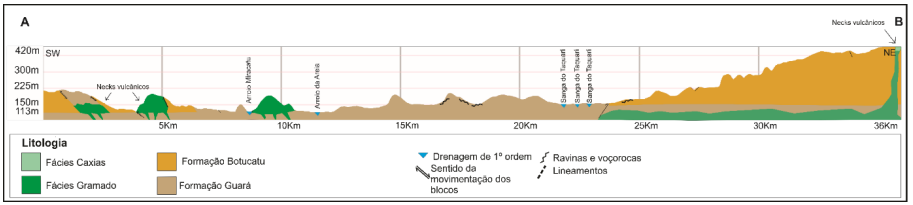
Com a análise de perfis de elevação com a associação do mapa geológico (Serviço Geológico Brasileiro, 2008), identificaram-se as discordâncias altimétricas em relação à posição estratigráfica das formações litológicas (Figura 3). A exemplo do perfil 1, na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu, em São Francisco de Assis, a Formação Botucatu é exibida em cota acima de 200 m, por vezes igualada, altimetricamente, às rochas vulcânicas da Fácies Gramado. Também a Formação Guará, a oeste da bacia, ocorre em cotas superiores às da Formação Botucatu, igualando-se, do ponto de vista altimétrico, com a Fácies Gramado, ao atingir 221 m.

De sudoeste para nordeste, nota-se, entre 0 km e 4 km, o soerguimento da Formação Guará, que está relacionado à presença de *neck* vulcânico, como aqueles que afloram entre 4 km e 11 km, já observados por Verdum (1997), na área da bacia. Entre 4 km e 11 km, ocorrem, portanto, afloramentos, na forma de *necks* vulcânicos, que são intrusivos, entre os pacotes sedimentares das Formações Guará e Botucatu. A camada do arenito Botucatu, totalmente erodida, faz com que aflore, atualmente, a Formação Guará, do 11 km ao 23 km.

Do 23 km ao 35 km, aflora a Formação Botucatu, elevada tectonicamente e que se encontra na extremidade nordeste da bacia, com as rochas vulcânicas da Fácies Caxias. Assim, observam-se as litologias em posição estratigraficamente inferior aos derrames vulcânicos, mas que afloram em altitudes semelhantes, devido à movimentação tectônica e à posterior erosão diferencial, ao longo do tempo geológico.

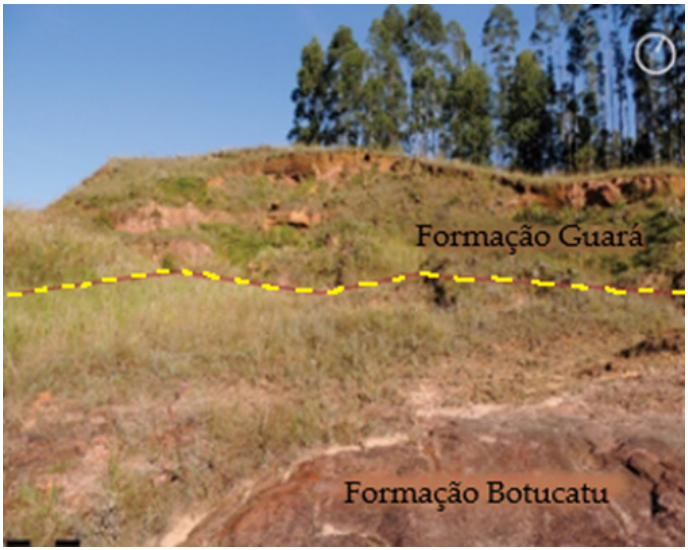
Essas evidências de movimentação tectônica foram identificadas em campo, na Bacia Hidrográfica do Arroio Araçá, na latitude 29°34’45.07” S, longitude 55°16’10.52” O (Figura 4). Às margens da rodovia BR-377, constatou-se o afloramento de bloco da Formação Guará, em cota altimétrica superior (128 m) àquela do bloco da Formação Botucatu (123 m), cuja falha é do tipo normal, seguindo na direção principal N 40º E.

Figura 3 – Perfil esquemático representativo do modelo de evolução tectônica proposto para a seção A-B (Sudoeste/Nordeste), a partir do mapeamento das unidades litológicas e dos lineamentos sobrepostos e de observações de campo. Bacia do Arroio Miracatu, sudoeste do Rio Grande do Sul



Fonte: elaboração técnica e interpretativa de Dummer (2019)

Figura 4 – Afloramento de rochas da Formação Botucatu (primeiro plano), sotaposto ao bloco da Formação Guará (segundo plano)

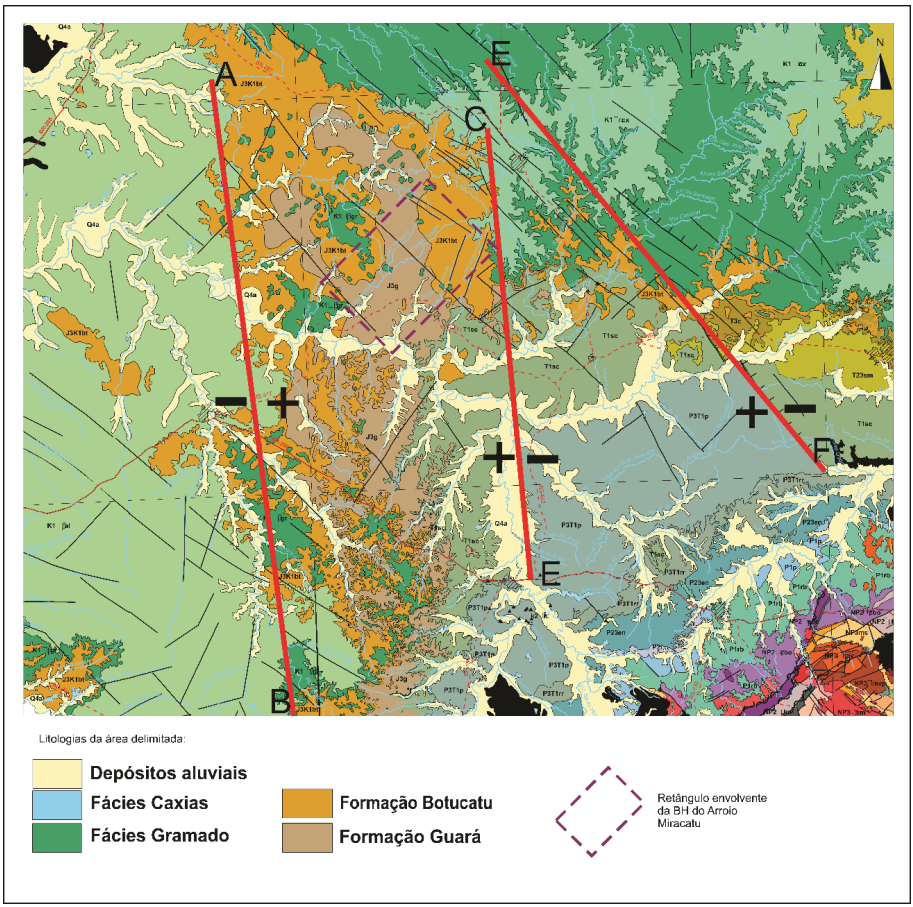


Fonte: adaptado de Dummer (2019)

Ampliando-se o espaço de análise, verifica-se que a bacia do Arroio Miracatu está compreendida, no interior do Muro de Manuel Viana, em uma estrutura do tipo *horst*, na qual todas as formações litológicas, que caracterizam o contexto estratigráfico, estão alçadas (Figura 5). As rochas vulcânicas da Fácies Gramado, que encobrem estratigraficamente a Formação Botucatu, afloram em cotas que chegam a 110 m, demonstrado estar relacionado à inclinação do referido muro, de leste a oeste, já indicada

nos estudos de Trainini (2005). O alçamento tectônico determinou um novo nível de base, provocando uma reestruturação na drenagem e na retomada da erosão, que geram, até os dias de hoje, riscos de processos hídricos acentuados, por meio de ravinamentos e de voçorocamentos, referidos como responsáveis como riscos hidrodinâmicos e pela gênese da formação dos areais.

Figura 5 – Recorte do mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul, 1:750.000 (Wildner *et al.*, 2006). A linha EF delimita, a nordeste, o Domo de Itu (Carraro; Eick; Gamermann, 1972). As linhas AB e CD delimitam o Muro de Manoel Viana, alçado pela neotectônica. Os sinais + e – indicam blocos alto e baixo, respectivamente. A linha pontilhada corresponde ao retângulo da área de estudo



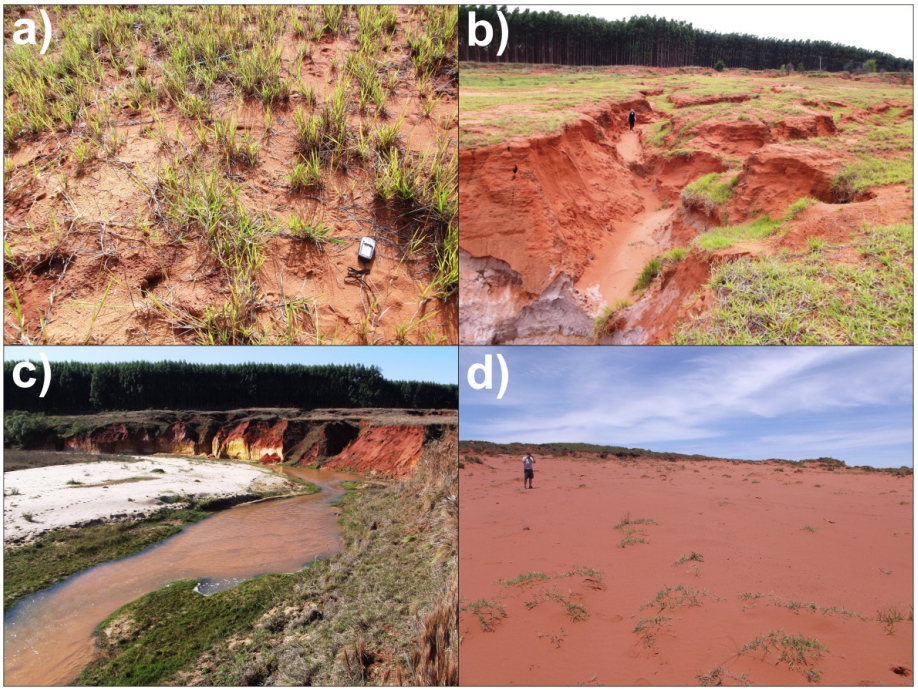
Fonte: adaptado de Trainini (1990)

Os eventos hidrológicos extremos e a (re)modelagem dos cursos d'água

Olhar a paisagem dos areais do oeste e sudoeste do Rio Grande do Sul é ter um quadro, bem à nossa frente, cujos traços foram desenhados, apagados, redesenhados e borrados continuamente pelas mãos da natureza, posteriormente pelas apropriações e pelos usos na sucessão das sociedades humanas. A composição paisagística dessa porção do bioma Pampa é, portanto, única. Decorrente de processos naturais que evidenciam a interação entre os climas atuais e pretéritos, em um ambiente frágil do ponto de vista pedo-litológico, salta aos olhos um ambiente singular, construído pela natureza e produzido socialmente durante o tempo histórico.

Uma vez que os processos de arenização se apresentam, inicialmente, associados à dinâmica das chuvas torrenciais, é importante salientar que há uma relação de risco entre as chuvas e as vazões fluviais (Binda, 2016; Binda; Verdum, 2015; Sanches, 2013; Sanches *et al.*, 2019; Suertegaray, 1998; Verdum, 1997; Verdum; Soares, 2010). Binda (2016), analisando essa relação na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu (São Francisco de Assis/Manoel Viana), reconheceu que os anos com maior volume de chuvas produziram vazões mais elevadas e com maiores picos de cheia, enquanto anos com menor total pluviométrico induziram vazões mais baixas, picos de cheia inferiores e fluxo de base mantido por substancial aporte hídrico subterrâneo (Figura 6).

Figura 6 – a) A escassa biomassa, b) voçorocamentos nas vertentes, c) voçorocas conectadas à rede de drenagem, e d) a presença de areais, como são fontes de sedimentos nos cursos d'água que drenam as áreas em processo de arenização

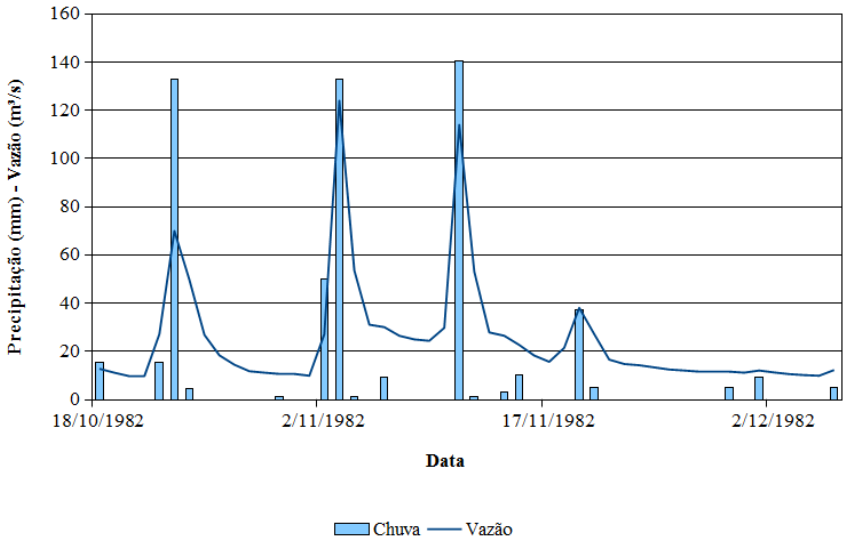


Fonte: adaptada de Binda (2016)

Pulsos de cheia são relativamente frequentes e de risco, que tendem a ocorrer anualmente. Contudo, a maior parte desses eventos não foi abordada como inundação, uma vez que, tanto quantitativa — considerando o tempo de retorno de dois anos — como morfologicamente, não superaram o nível de margens plenas[12] (Figura 7).

[12] O papel geomorfológico das vazões demargens plenas na esculturação da morfologia fluvial é abordado pelos autores: KOCHEL, R.C. Geomorphic impact of large floods: review and new perspectives on magnitude and frequency. *In:* BAKER, V. R.; KOCHEL, R. C.; PATTON, P. C. (ed.). **Flood geomorphology**. New York: John Wiley and Sons, 1988. p. 169-187; LEOPOLD, L. B. Rivers. **American Scientist**, v. 50, n. 4, p. 511-537, 1960; FERNANDEZ, O. V. Q. Determinação do nível e da descarga de margem plena em cursos fluviais. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 21, n. 1, p. 97-109, 2003.

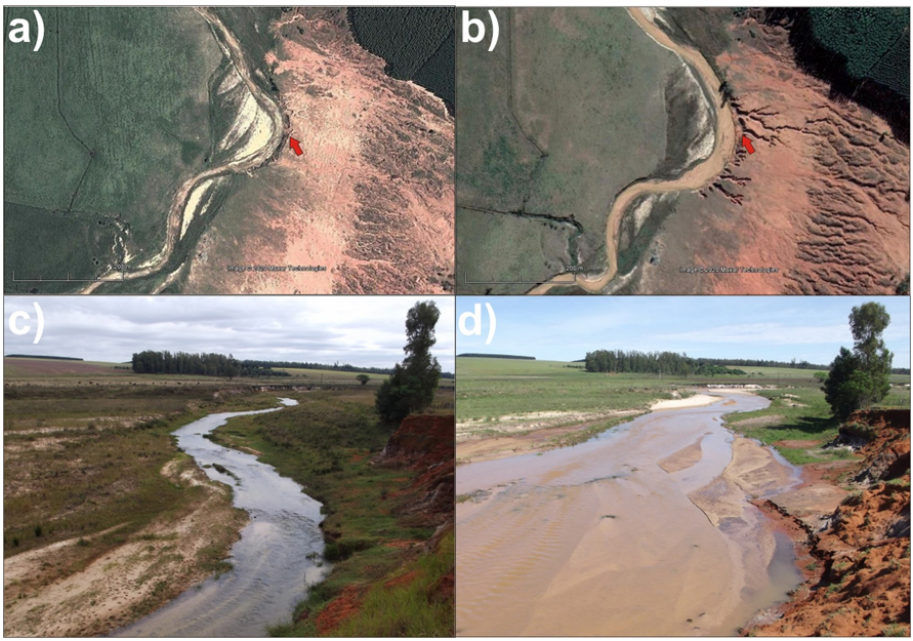
Figura 7 – Chuva extrema e picos de cheia no Arroio Miracatu entre os meses de outubro e dezembro



Fonte: Binda (2016, p. 184)

Na Figura 8, identifica-se o trecho da sanga da Areia — afluente da margem direita do arroio Miracatu — onde se realizou o monitoramento dos processos erosivo-deposicionais de risco. As evidências encontradas sugerem que essa dinâmica é cíclica, demonstrando a dinâmica fluvial que se ajusta constantemente ao regime pluvio-fluviométrico e às especificidades geográficas da área, notadamente, a relação com os processos de arenização.

Figura 8 – Imagens de satélite: a) 25 julho de 2013 e b) 17 de julho de 2019. A seta indica o ângulo das fotos tiradas em campo: c) 3 de maio de 2014 e d) 15 de novembro de 2015



Fonte: Google Earth (Google©); Binda; Verdum (2015)

Os processos morfodinâmicos na conformação da paisagem nos areais

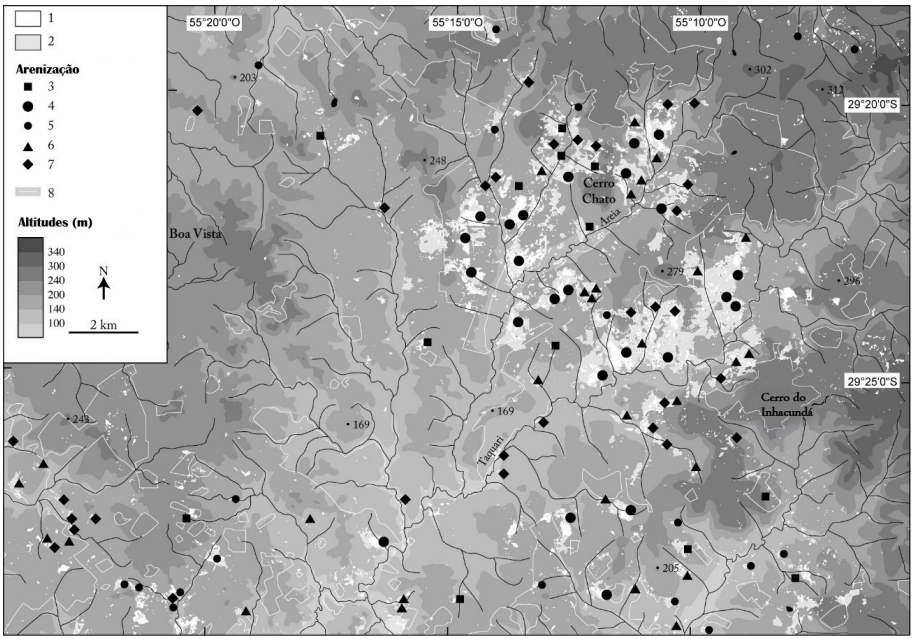
No *Atlas de arenização* (Suertegaray; Guasselli; Verdum, 2001), verifica-se que os areais estão nos vales voltados para leste-oeste e as marcas de erosão estão localizadas, em torno de 50% dos casos, nas encostas expostas ao sudeste e sudoeste. Por outro lado, em vales na direção principal do meridiano, a sua presença nas encostas sul é mais rara e estes não têm mais uma localização preferencial, sendo que ainda existe uma forte ligação entre declives abaixo de 3% e os areais. Esses resultados mostram que não existe uma lei geral na sua distribuição, no entanto a erosão é mais desenvolvida na margem direita da bacia do Ibicuí, entre a sua planície fluvial e a borda do Planalto Areno-vulcânico, situado ao norte da calha desse rio.

Corbonnois *et al.* (2011) mostram a densidade e a variedade das manifestações de riscos de erosão (Figuras 9 e 10), destacando que as

marcas erosivas são muito numerosas nos setores leste e nordeste, onde as condições são mais favoráveis nos flancos dos vales alargados, com encostas longas e levemente inclinadas, com 20 m a 40 m de altura. Em direção a norte e oeste, próximas aos afloramentos basálticos, são as ravinas e voçorocas que se formam nas encostas mais curtas e inclinadas.

Portanto, o processo de arenização se apresenta na forma de acúmulo de sedimentos inconsolidados e depositados sobre a superfície, em campos outrora cobertos por espécies vegetais de porte herbáceo e arbustivo, assim como em áreas desprovidas de vegetação (areais). Do ponto de vista da sua localização, em escala de mais detalhe, a sua ocorrência se faz comum nas médias colinas ou nas rampas, em contato com as escarpas de morros testemunhos (cerros).

Figura 9 – Localização das áreas de risco associadas às formas erosivas: exemplo a montante do Rio Taquari-Miracatu, afluente da margem direita do Ibicuí, ao norte de São Francisco de Assis

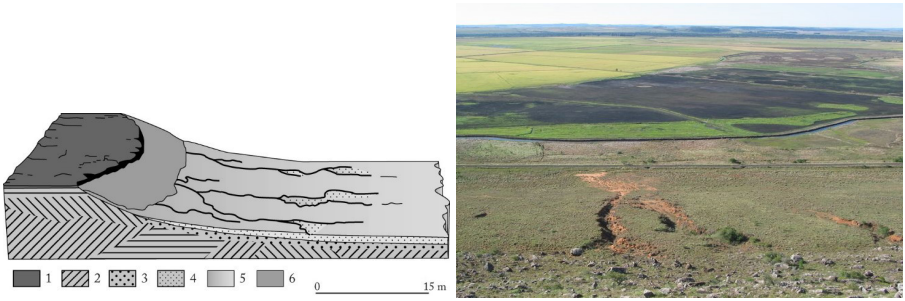


Fonte: adaptada de Corbonnois *et al.* (2011)

Figura 10 – Características dos riscos de erosão (ravinas e voçorocas) sobre as vertentes, associadas à formação dos areais

Croqui de uma vertente ravinada, adaptado de Suertegaray; Guasselli; Verdum, (2001)

Vista do ravinamento gerado na rampa de depósitos coluvionares, ancorada em relevo tabular rochoso (cerro)



1) Nível da rocha sedimentar endurecida (silicificação ou têmpera). 2) Grés das Formações Guará ou Botucatu. 3) Caos de blocos. 4) Colúvios arenosos. 5) Vegetação herbácea. 6) Mata de encosta.

Fonte: adaptada de Corbonnois *et al.* (2011)

Destaca-se aqui a importância dos lençóis subterrâneos na alimentação da rede hidrográfica, assim como na relação entre os eventos atmosféricos de forte intensidade e as cheias, que revelam as fases bruscas de escoamentos concentrados, geradores de processos erosivos-deposicionais sobre solos francamente arenosos. Neste sentido, o condicionante pedológico está relacionado ao grés das mesmas formações arenosas, levando a solos novos, rasos ou profundos com maiores teores de areia e baixos teores de matéria orgânica e argila. O principal solo associado à arenização é o Neossolo Quartzarênico Órtico (Suertegaray; Pires da Silva; Guasselli, 2012; Verdum, 2012).

Scopel *et al.* (2012) identificaram taxas de infiltração classificadas como muito rápidas em todos os testes efetuados em três areais do Rio Grande do Sul, nos municípios de Manoel Viana, São Francisco de Assis e Quaraí. Cabe ressaltar que as taxas de infiltrações em solos arenosos tendem a ser maiores nos momentos iniciais da precipitação, em função da existência de macroporos que facilitam a infiltração e permitem a drenagem livre da água do solo, porém esses solos retêm pouca água, e, em função da baixa coesão, facilitam-se os riscos da erosão.

A caminhada aos riscos da presença humana sobre a paisagem dos areais no pampa

O período da conjunção entre a Natureza e as Sociedades Humanas

Para contextualizar o início das relações entre elementos e dinâmicas da Natureza e as apropriações e usos pelas Sociedades Humanas, destaca-se que os primeiros grupos humanos a migrarem para a América foram de caçadores-coletores com uma base alimentar variada de alimentação nativa, o que conferia uma garantia de alimento no decorrer de todo um período de mudanças sazonais e uma dieta balanceada, provavelmente em busca de novas áreas de caça, pesca e coleta. Chegaram ao que denominamos hoje como o Rio Grande do Sul em torno 10400 A.P. Nas várias ondas migratórias iniciadas em torno de 40000 A.P. e advindas da Ásia, passando pelo estreito de Bering (que na época se encontrava seco, em virtude da retração marinha), os grupos humanos chegaram à América do Sul, até seu extremo meridional (Ribeiro, 1991, p. 104). Isto marca o momento da chegada dos primeiros caçadores-coletores à região da Bacia do Prata, com o término do último período seco, com o aumento gradativo da umidade.

O atual território sul-rio-grandense é dominado por uma paisagem aberta, campos e estepes, semelhante aos domínios vegetais que compreendem todo o continente, ambiente propício às incursões desses personagens bípedes interessados na proteína animal que compunha a fauna autóctone. Essa paisagem aberta e a oferta de alimento deram condições à instalação dos primeiros grupos de caçadores pampeanos.

Nas bacias dos Rios Uruguai, Ibicuí e Quaraí, vestígios arqueológicos são até hoje encontrados (entre 12000 e 10000 A.P.) de caçadores-coletores-pescadores, que, além de caçar a megafauna, especialmente preguiças e tatus gigantes, complementariam seu cardápio com moluscos e peixes. Os caçadores-coletores procuravam fonte de matéria-prima de seus artefatos de caça e defesa seixos rolados dos cursos d'água e afloramentos de rochas, notadamente basalto, arenito silicificado e calcedônia, assim como geodos de quartzo.

Nesse contexto de transformações morfoclimáticas, os seres humanos marcaram sua presença, a integração e os trajetos na paisagem em

forma de artefatos líticos e cerâmicos, testemunho do seu legado técnico-cultural. Cada lascamento, polimento, cerâmica e outros artefatos, típicos da indústria lítica dessas originárias culturas encontradas nos areais, determinam datas relativas desses povoamentos nessas paisagens oriundas da arenização.

Entre muitos grupos de caminhantes migradores de terras distantes, identificam-se nas paisagens pampeanas os da **Tradição Umbu**. Conviviam com os grupos humanos da Tradição Umbu, mas com ambiente e tecnologias diferenciais, os da **Tradição Humaitá**, que ocuparam, preferencialmente, as regiões com cobertura florestal, migrando sazonalmente para o litoral em busca de pescado e moluscos. Os da Tradição Humaitá e os da sua sucessora, a **Tradição Taquara**, iram contatar os grupos pampeanos ao descerem o Planalto Areno-Vulcânico situado ao norte, sendo que ocupariam os espaços das encostas desse planalto e os territórios limítrofes da Tradição Umbu por volta de 3000 A.P.

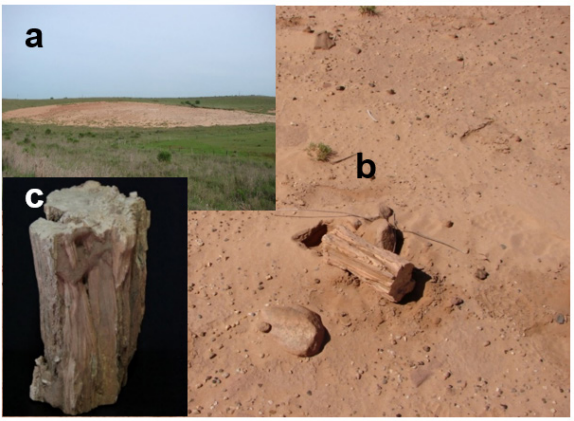
Portanto, pode-se geografar três grandes grupos étnicos pré-guaranis distribuindo suas populações territórios diferenciados ao longo do espaço atual do Rio Grande do Sul: os **Jês**, que territorialmente foram um grupo atlântico com forte interiorização, com marcada ocupação do Planalto Areno-Vulcânico, predominando ao longo da bacia do Rio Uruguai e seus principais mananciais formadores; praticavam a agricultura, armazenavam alimento e conheciam a tecelagem. Os da etnia **Tape**, praticantes de agricultura diversificada em unidades de produção, que ocupavam uma área que compreendia uma faixa que se estendia da região missioneira (noroeste) até as margens da Laguna dos Patos (sudeste). Por último, posicionados na região sul-sudoeste rio-grandense, os da etnia **Chaná** ou **Guaicurus**, que foram os que mais influenciaram a formação do Rio Grande do Sul, principalmente na tipologia do gaúcho. É dessa etnia que o grupo **Charrua** faz parte e possuía domínio do sul do atual estado e do território do Uruguai, assim como os **Minuanos** que eram os senhores da faixa que se estende da coxilha do Haedo, a oeste, até o litoral, a leste. Na Figura 11, apresenta-se peça lítica tupi-guarani (3000-2000 A.P.), encontrada em trabalho de campo, no areal em município de São Francisco de Assis.

Figura 11 – Peça lítica encontrada por Luís Alberto Pires da Silva junto à base do areal Esquina, em São Francisco de Assis/RS, 2009

Fotos: Luís Alberto Pires da Silva (2009)

Também a presença de lenhos fossilizados (Figura 12) indica que os períodos mais úmidos, capazes de sustentar o crescimento de vegetação de grande porte, foram mais frequentes, e não apenas em uma porção restrita do ambiente desértico, associado à Formação Botucatu, mas numa grande extensão espacial, antes da sua existência. A pouca compreensão sobre como esses vegetais sobreviveram em tal meio, e sobre os processos que levaram a sua fossilização, mostra a importância de se estabelecer planejamento e gestão para proteger as janelas temporais que representam os areais, que podem fornecer importantes indícios e materiais de análise para que se possa avançar nos estudos paleobotânicos e paleoclimáticos referentes ao período analisado.

Figura 12 – Presença de lenhos fossilizados de vegetação de grande porte, associados aos períodos úmidos, no areal localizado em São Francisco de Assis/RS, às margens da RS-377



a) Areal próximo a região urbana de São Francisco de Assis, onde foram localizados lenhos fossilizados; b) peça de lenho fossilizado *in situ*; c) detalhes da peça de lenho fossilizado.

Fonte: fotos de Luís Alberto Pires da Silva (nov. 2019)

Práticas agrícolas que potencializam os processos erosivos-deposicionais de risco sobre as feições eólicas

O Pampa brasileiro é o bioma que tradicionalmente desenvolve a pecuária extensiva, após o processo de colonização europeia, pós-colombiana, no entanto os agricultores vêm transformando suas fazendas através da produção do arroz (nas várzeas), de pastagens artificiais, de milho, de trigo e de soja (nas colinas), e, recentemente, vêm favorecendo o plantio de novas monoculturas arbóreas exóticas, como a do eucalipto (Ribeiro, 2015). Nesse espaço subtropical, a intensificação desses cultivos é acompanhada por pressões sobre os recursos hídricos e sobre os solos, que são particularmente sensíveis aos riscos de erosão (Corbonnois *et al*., 2011, 2014).

Para avaliar a degradação da terra, as limitações e as fragilidades do meio, bem como a pressão dos padrões agrícolas exercidos sobre o meio, é necessário analisar as fases de ocupação do território, ao lado de dados estatísticos, sendo que a análise desses dados permite compreender a diferenciação das formas de pressão, com base na diversidade de processos históricos, na persistência das práticas agrícolas e no estudo da intensificação da pecuária extensiva e da agricultura mecanizada especulativa (Okido, 2016; Ribeiro, 2015; Verdum, 1997).

As pastagens naturais, em colinas cobertas de herbáceas, sempre foram utilizadas para a criação de gado, cuja tradição foi introduzida pelos missionários jesuítas, desde o século XVII. A pecuária predomina até os dias atuais, entretanto a introdução de cultivos alimentares, sobretudo o desenvolvimento de culturas agroindustriais, desde o século XIX, mudou a forma de ocupação da zona rural.

Os criadores de gado dos Campos Limpos passaram a dividir o espaço com os agricultores do Planalto Meridional (Planalto Areno-Vulcânico) situado ao norte do estado, ou optaram pelo cultivo de grãos. Os agricultores migrantes introduziram práticas mecanizadas na região, o que acentuou a pressão dos processos erosivos sobre os solos arenosos friáveis e sobre a vegetação herbácea, já sujeitos ao manejo de corte e de queima, praticada pela pecuária extensiva (Verdum, 1997).

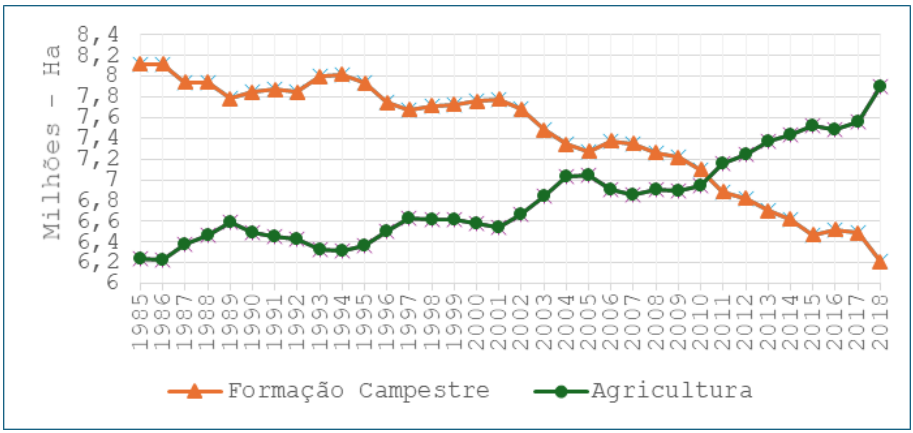
A Figura 13 demonstra a mudança de uso da terra e o avanço da agricultura mecanizada (cultivos temporários) sobre os campos nativos do Pampa gaúcho, espaço que também protagonizou a silvicultura[13],

[13] A *arenização* e a silvicultura são temas fortemente associados, em relação às políticas ambientais voltadas para a região sudoeste do estado. Enquanto a primeira é apontada como principal processo de degradação

sobretudo a partir de 1985. Os campos reduziram cerca de 2 milhões de hectares, indicando a conversão de uso de áreas anteriormente destinadas exclusivamente à atividade da pecuária em lavouras de cultivos temporários, visto que houve um acrescimento de cerca de 1,8 milhão de hectares destinados à agricultura.

A queda nos anos de 1990 e o aumento de área de campo estão relacionados à diminuição das demandas de mercado e à mudança de sistema de plantio. A ruptura de ascensão da curva, a partir de 2002, representa a mudança de paradigma e a entrada de um outro produtor de grãos. Aquele que adotaria o plantio direto, que se insere na lógica agroindustrial para atender o mercado global.

Figura 13 – Gráfico de cobertura de uso: formação campestre e agricultura (1985 a 2018)



Fonte: Projeto MapaBiomas, v. 4.1

ambiental da região sudoeste do RS, a segunda é, correntemente, privilegiada como solução técnica ideal, no âmbito das políticas para intervenção nesse processo (Ribeiro, 2015, p. 15). Assim, entre 1975 e 1984, a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Rio Grande do Sul instalou uma unidade experimental (Plano Piloto do Alegrete ou PPA) a partir de barreiras físicas e plantio de espécies arbóreas, que funcionavam como "quebra vento" e/ou de forrageiras, para o controle/combate à erosão dos solos arenosos. A partir desse experimento, conclui-se que a espécie que melhor se desenvolveu sobre os areais foi o eucalipto (*Eucalyptus sp.)*. Do mesmo modo, no fim da década de 1980 e início da década de 1990, por iniciativa privada (da Riocell S/A e da Tanac S/A), intermediada pelo Governo do Estado, surge o plantio do eucalipto e da acácia-negra (*Acácia Mearnsii)* como prática alternativa no combate à "desertificação" e, também, como modernização e implantação da industrialização na região. Em meados dos anos 2000, há mais de três décadas da tão divulgada "desertificação" e do Plano Piloto do Alegrete, a empresa sueco-finlandesa StoraEnso, do setor de celulose, investe em bases florestais de grande escala na região de ocorrência dos areais; não com o claro propósito de recuperá-los, mas de inseri-los em uma nova matriz econômica, a partir da introdução da silvicultura com fins industriais.

O professor Marcelo Dutra da Silva, em entrevista concedida a Santos (2017), afirma que, há pouco tempo, dizia-se que a expansão do eucalipto colocaria em risco o Pampa e consequentemente os areais, mas, diante da atual conjuntura econômica, além desse, o maior risco é o cultivo de soja, bastando olhar a paisagem para se perceber que os antigos campos de coxilhas, tradicionalmente utilizados para o desenvolvimento da pecuária, revelam um remanescente de um modelo econômico em extinção, pois os campos estão sendo convertidos em lavouras de soja (Okido, 2016). O risco imediato dessa conversão (campo/lavoura de soja) é a perda de habitats e a expulsão das espécies, associado à contaminação do solo, da água (superficial e subterrânea) e dos alimentos, resultante da utilização de insumos agroquímicos.

Representações imagéticas da paisagem contemporânea do Pampa e dos areais

Ao analisar a paisagem, está-se em busca do entendimento das relações entre o sistema de objetos e o sistema de ações. Além da forma, as estruturas e as funcionalidades, a partir do conhecimento técnico-científico-informacional (Santos, 2009), são composições do espaço geográfico e que poderão ser visualizadas, também, a partir da categoria de análise da paisagem. A fim de conduzir a leitura da paisagem, dois conceitos são fundamentais para identificar os elementos e as representações geográficas que a compõem: a *marca* e a *matriz*. Os conceitos, do geógrafo Augustin Berque (1998), identificam como *marca* as formas, as manifestações concretas, os objetos que expressam uma história da civilização. E, como *matriz*, a carga cultural presente nessas manifestações concretas. Isto é, através de um conjunto de percepções, de concepções e de ações, as marcas representam relações sociais no espaço geográfico. A paisagem, portanto, torna-se uma representação de uma sociedade: "que a reproduz e a transforma em função de uma certa lógica" (Berque, 1998, p. 84). Entende-se por percepção as subjetividades pessoais na leitura de uma paisagem escolhida. A percepção é uma espécie de filtro que é o resultado da formação cultural da sociedade em que estamos inseridos e das ambiências vividas no cotidiano.

Na concepção de Ab'Saber (1977, p. 9), a paisagem é sempre uma herança, em todos os sentidos: "a herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as

herdam como território de atuação de suas comunidades", observadas as escalas de tempo geológico e tempo histórico, no reconhecimento de estruturas paisagísticas da superfície terrestre. Deste modo, num primeiro nível de abordagem, pode-se dizer que a paisagem tem o caráter de heranças de processos do passado, remodelada e modificada por dinâmicas de atuação recente. Num segundo plano de abordagem, ressalta-se que as sociedades herdaram conjuntos, maiores ou menores, paisagísticos de longa e complexa elaboração fisiográfica e ecológica. Herdaram complexos paisagísticos e ecológicos pelos quais deverão ou deveriam ser responsáveis.

Uma das ferramentas utilizadas para as representações imagéticas da paisagem pode ser a fotografia, em que são registrados os elementos — ou o conjunto deles — de referência citados pelos produtores a serem entrevistados. São as marcas que os produtores identificam como importantes para a matriz cultural da paisagem. Pelas fotografias, registram-se as imagens que representavam a história dos produtores com a paisagem de referência.

Pelo discurso, é possível identificar que a contemplação e a admiração por uma paisagem são cruciais para as suas escolhas. O material fotografado representa a subjetividade dos produtores, sendo que, no atual processo econômico, essas paisagens de referência vêm sendo alteradas pela intensificação dos monocultivos de grãos. Segundo Raffestin (2010, p. 15): "a paisagem pode ser definida como uma imagem", não sendo apenas no contexto da imagem, mas incorporando-a também como um "produto da territorialidade". Nesse contexto, a paisagem seria uma representação imagética da relação entre a materialidade e a imaterialidade da realidade geográfica. Didaticamente, as representações por imagens auxiliam na compreensão e no entendimento da realidade geográfica, porém é importante ressaltar que este *modus operandi* é uma das ferramentas para guiar a leitura sobre a realidade.

O mosaico de fotografias da Figura 14 ilustra distintos usos da terra sobre colinas associadas aos areais estáveis e/ou instáveis, bem como as atividades que determinam a dinâmica ambiental e econômica no Pampa brasileiro.

Figura 14 – Mosaico de fotografias: tipos de uso da terra sobre colinas associadas a depósitos eólicos estáveis e/ou instáveis, de alto risco de erosão

Primeiro plano da foto, colina coberta com vegetação herbácea de campo nativo com presença de butiá anão (*Butialallemantii*); segundo plano da foto, relevo tabular (cerro), município de Manoel Viana/RS;

Propriedade rural com usos para a pecuária extensiva em colina coberta com vegetação herbácea nativa e presença de ravinamentos na meia vertente; propriedade rural com resteva oriunda do plantio direto, em topo de colina, município de Manoel Viana.

Colinas associadas a campos de dunas (*dunefields*) no Quaternário, dispostas de forma alongada no sentido SE – NO, com cobertura de pastagem artificial (Brachiariadecumbens), como forma de estabilização da erosão difusa em sulcos e para uso na atividade de pecuária extensiva;

Topo de colina, constituída de deposição eólica quaternária instável, com cultivo de monocultura de milho (município de Manoel Viana);

Primeiro plano da foto, colina coberta com vegetação herbácea de campo nativo com presença de butiá anão (*Butialallemantii*) e parcela com cobertura de pastagem artificial (Brachiariadecumbens); segundo plano da foto, mata ciliar situada na planície aluvial do Rio Ibicuí; terceiro plano da foto, relevo tabular (cerro);

Depósito eólico quaternário ancorado em torno de relevo tabular, com vertente suavizada a NO, devido a essa deposição a sotavento, com tentativa de estabilização a partir do uso de cobertura com pastagem artificial (Brachiariadecumbens), em curvas de nível;

Detalhe da deposição eólica em trilha de pisoteio de gado bovino, situada no topo de uma colina, com cobertura de pastagem artificial (Brachiariadecumbens);

Primeiro plano da foto, colina com cultivo de soja; segundo plano da foto, depósito eólico instável e em franco processo de ravinamento; terceiro plano da foto, cultivo de eucaliptos (município de São Francisco de Assim/RS).

Fotos: Gomes (2019)

O cultivo de eucalipto para fins industriais, fosse enquanto perspectiva econômica, fosse como forma de "minimizar os impactos da arenização", mostrou-se ineficiente, sobretudo em relação ao combate dos processos erosivos, conforme ressalta Caneppele (2017). O cultivo do eucalipto em área em processo de arenização não é capaz, portanto, de controlar o retrabalhamento dos sedimentos, especialmente nas feições associadas aos agentes hídricos, sobretudo quanto ao controle

de ravinas e voçorocas. O monocultivo arbóreo sobre areais não impede o processo de escoamento concentrado e a remobilização de sedimentos pelo agente hídrico, sendo aconselhável para minimizar a ação da erosão eólica em áreas nas quais esse processo ainda não se encontra em um estágio avançado, uma vez que funcionaria como anteparo ou proteção (Caneppele, 2017).

Além disso, outros estudos de revalorização da atividade de pecuária como protetora dos riscos da arenização vêm comprovando a sua viabilidade, considerando a aptidão primária dos campos herbáceos sulinos. Iniciativas de conservação das pastagens do Cone Sul, como aquelas propostas pela Alianza del Pastizal (https://www.alianzadelpastizal.org.br), vêm se tornando cada vez mais importantes e ganhando apoio internacional, até mesmo por parte dos pecuaristas, que veem a adesão a essa iniciativa como uma forma lucrativa de promover a preservação e conservação dos campos, de valorizar a paisagem enquanto identidade cultural do Pampa e, sobretudo, a atividade da pecuária.

Essa iniciativa internacional, lançada em 2006, é capitaneada pela Bird Life International e é executada por meio de parceiros locais, como, por exemplo, Aves Argentina, Guyra Paraguay, Save Brasil e Aves Uruguay, com o que os pecuaristas podem aderir às proposições de valorização do bioma Pampa e amenização dos riscos de degradação ambiental. Os produtores argentinos, brasileiros, paraguaios e uruguaios que fazem parte do grupo seguem uma série de orientações sobre o manejo de pastagens e a produção animal como bases para o desenvolvimento da agropecuária com vistas à conservação do Pampa, em relação aos riscos ambientais. Assim como de produtos diferenciados à comercialização nacional e internacional, visto que a aliança possui selo de certificação de qualidade[14] sobre a carne comercializada.

[14] "Objetivos da certificação: 1) Conservação dos campos nativos da região, sob sistemas de produção associado com a conservação da biodiversidade. 2) Fortalecer a atividade pecuária, baseada em campos nativos manejados responsavelmente, aceitando um percentual de modificação ambiental que torne eficiente o sistema de produção e que o fortaleça como alternativa em face de sistemas produtivos baseados principalmente na conversão dos campos nativos. 3) O reconhecimento e valorização dos benefícios ambientais e sociais da atividade pecuária pastoril, promovida através do selo. 4) A mitigação da "Mudança Climática Global", uma vez que os animais produzidos sob este selo garantem uma superfície territorial que funciona como "sumidouro" de carbono, um sistema de produção de uma cabeça por hectare e que não depende da suplementação de grãos produzidos mediante sistemas agrícolas de altas emissões" (Save Brasil, 2024).

A ruptura do olhar de risco: os areais como prestadores de Serviços Ambientais Hídricos (SAHs)

Os areais identificados, inicialmente por Suertegaray (1987), por estarem relacionados às formações sedimentares Guará e Botucatu, se constituem em produtos pedogeológicos da arenização, possuindo intrínseca relação com as áreas de recarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG) (Figura 15), uma vez que são constituídos de materiais de alta porosidade e estruturas de cunho sedimentar, tornando-se importantes reservatórios hídricos.

Neste sentido, tem-se o papel da água na formação dos processos erosivos, que, além de ser geradora dos areais em plena dinâmica de risco erosivo-deposicional, torna-se dialeticamente o elemento fundamental na recarga dos aquíferos subterrâneos (Caneppele, 2023; Suertegaray; Pires da Silva; Guasselli, 2012; Verdum, 1997). Sendo assim, a arenização, como um processo natural, presta um Serviço Ambiental Hídrico, associada à dinâmica de alta pluviometria da região que é desestruturadora do meio. Ao mesmo tempo funciona como área de filtragem e recarga de água, até mesmo em relação às cargas orgânicas e químicas, que comprometem a qualidade dos reservatórios subterrâneos e das águas fluviais por eles alimentados.

Portanto, inserem-se os areais numa nova lógica, mantendo-os como paisagens de gênese natural, na escala de tempo geológico, e os valorizando como prestadores de Serviços Ambientais, no decorrer do tempo histórico humano[15].

Assim, destaca-se a relação locacional entre os focos de arenização (areais) e as áreas de recarga do Sistema Aquífero Guarani. Na Figura 15, visualiza-se o SAG Confinado, associado aos derrames formação Serra Geral, e do SAG Aflorante, dando destaque às Formações Guará na base e Botucatu nas porções superiores, como áreas de recargas hidráulicas pela infiltração hídricas nessas litologias sedimentares, sobretudo nas áreas aflorantes (Caneppele, 2023).

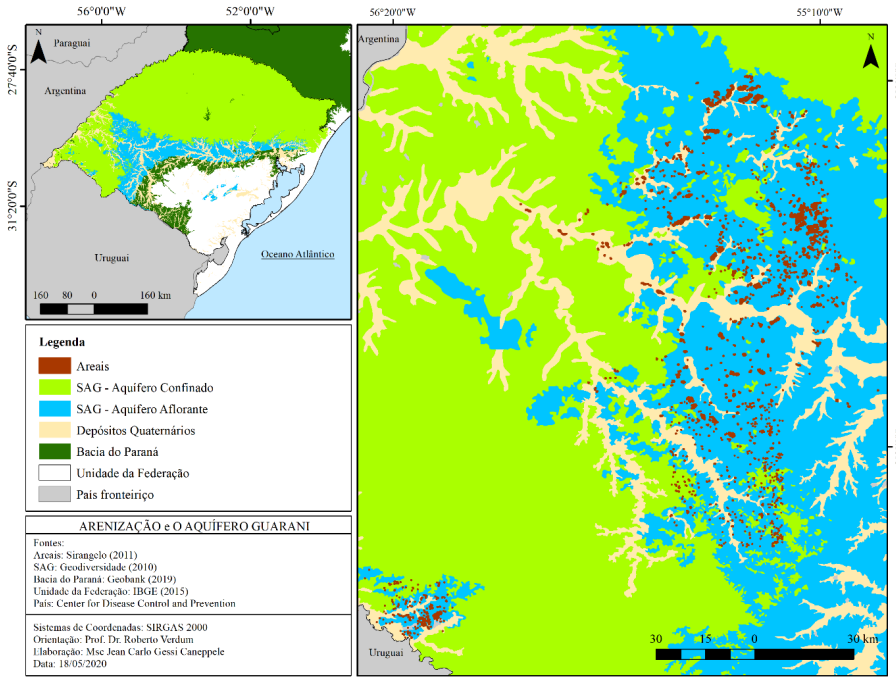
[15] Os Serviços Ambientais (SAs) estão focados nos benefícios percebidos pelo ser humano, condicionados a atividades humanas tais como recuperar, manter ou melhorar serviços ecossistêmicos (ANA, 2019; Rudolf; Matthew; Roelof, 2002). Nesse caso, a recarga efetuada pela arenização seria um serviço ecossistêmico, enquanto o cuidado em garantir esta recarga um serviço ambiental.

Na Figura 15, também é possível a visualização de que os areais se encontram localizados principalmente sobre as áreas aflorantes do SAG, que se constituem em áreas de recarga, assim como os depósitos aluviais quaternários, que se caracterizam como áreas de descarga hídrica. Portanto, tem-se uma intrínseca relação entre as áreas de recarga do SAG e as áreas de ocorrência da arenização.

Na região de ocorrência da arenização, Martelli (2012) estimou, pelo método de Superfície Livre fundamentado na variação do nível freático registrada em sensores automáticos, que 25% da precipitação em áreas sem explotação recarrega o SAG. Nesse sentido, cabe ressaltar as dinâmicas pluviométricas de alta intensidade características do oeste e sudoeste do Rio Grande do Sul que contribuem para a geração dos riscos de degradação pelos processos erosivos hídricos, mas também para a recarga do SAG.

Assim, ao considerar que as áreas com a presença da arenização funcionam como pontos de filtragem e recarga da água, pode-se afirmar que os areais prestam um SAH, contribuindo, até mesmo, para a não contaminação do SAG. Os Serviços Ambientais estão mais focados nos benefícios percebidos pelo ser humano, condicionados às suas atividades, tais como preservação de riscos de contaminação, recuperar, manter ou melhorar a produção dos Serviços Ecossistêmicos (SEs), que estariam mais focados nos processos que os produzem, tais como: água limpa, madeira, habitat para peixes e polinização de plantas nativas e agrícola. Nesse caso, a recarga efetuada pelos areais seria um SE; enquanto o cuidado em garantir esta recarga, um SA (Caneppele, 2023).

Figura 15 – Relação entre a arenização e o SAG



Fonte: Caneppele (2023)

Portanto, as áreas com arenização prestam um SA de recarga em uma dinâmica regional, pois a filtragem que o pacote sedimentar efetua traz benefícios mais abrangentes, uma vez que o SAG se estende por quatro países (Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai), sendo que a demanda de água potável, por exemplo, no Rio Grande do Sul é crescente a cada ano (ANA, 2010).

Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2007), existe uma demanda crescente na disponibilidade da população em contribuir com o Pagamento por Serviços Ambientais (PSAs), garantindo a manutenção de serviços ambientais prestados, abrangendo três principais eixos: Sequestro de Carbono, Biodiversidade, e Qualidade da Água.

Nesse contexto, ao afirmar que arenização é decorrente de um processo natural, gênese na origem dos areais, ela deve ser considerada como um patrimônio natural, através da identificação e da valoração dos serviços

ambientais que presta. Por último, convém ressaltar que a arenização pode prestar outros serviços ambientais vinculados à Biodiversidade, uma vez que é um ecossistema único, com fauna e flora autóctones a ela associados (Freitas, 2006, 2010; Freitas *et al.*, 2009; Pires da Silva, 2008). Além de serviços vinculados à paisagem, com os areais sendo portadores de belezas cênicas e potenciais indutores de Geoturismo (Gass *et al.*, 2019; Vieira, 2014).

Considerações finais

Especificamente, nesse espaço geográfico pampeano, há a associação de processos naturais singulares em escala global e local com a apropriação histórica humana, que resultam em uma paisagem com interações altamente dinâmicas. Se as condições climáticas se apresentam notadamente particulares, sobretudo no que se refere à dinâmica pluviométrica, as respostas hidrogeomorfológicas seguem um efeito em cascata. Chuvas extremas são os mecanismos que disparam a erosão dos solos friáveis, amplificando os riscos de processos de arenização nas encostas e ampliando a carga sedimentar nos cursos d'água. Ao analisarmos os totais pluviométricos anuais, há a comprovação de que as regiões Oeste e Sudoeste do estado se encontram submetidas às condições de um clima úmido, sem nenhuma associação ao meio desértico e à desertificação, que pressupõe a existência da semiaridez, aridez e hiperaridez climática.

Além disso, evidencia-se que uma das principais causas dos processos de riscos hídricos, de ravinamentos e voçorocamentos, assim como a expansão dos areais, estão associadas à reestruturação da drenagem, ao longo do tempo geológico, pelos alçamentos tectônicos na região. Essa reestruturação da drenagem provocou alterações no nível de base regional e expôs os arenitos das Formações Guará e Botucatu ao intemperismo generalizado.

Portanto, relacionados a estas dinâmicas e estruturas da Natureza, considera-se que os areais se tornam ilhas pedogeológicas e por conseguinte ilhas de vida, prestando Serviços Ambientais Hídricos e agregando flora e fauna endêmicas, constituindo-se em barreiras naturais e ecossistemas testemunhos, que devem ser mantidos e preservados, e não "combatidos".

No que se refere às formas de apropriação e aos usos relacionados à ocupação das sociedades humanas, registra-se que os campos nativos do Pampa têm historicamente como aptidão o desenvolvimento da pecuária.

Os distintos usos da terra sobre colinas, associadas aos areais, determinam a dinâmica ambiental (Natureza-Sociedades Humanas) e econômica nessa região. A conversão de uso da terra de campo nativo para monocultivos temporários, através da agricultura mecanizada, potencializa os riscos dos processos erosivos-deposicionais sobre os depósitos eólicos associados à arenização. Nesse sentido, esta conversão intensifica a pressão agrícola sobre as riquezas hídricas, as formações superficiais e os solos, que são particularmente sensíveis aos riscos da erosão-deposição, que são expressas pelo senso comum como sendo: "os riscos e as degradações ambientais ou da paisagem pampeana".

Referências

AB'SABER, A. N. Potencialidades paisagísticas brasileiras. *In*: IBGE. **Recursos naturais, meio ambiente e poluição**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. v. 1, p. 19-38.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água. Brasília: ANA: Engecorps/Cobrape, 2010.

BERQUE, A. Paisagem-marca, paisagem-matriz: elementos da problemática para a geografia cultural. *In*: CORREA, R. L.; ROSENDAHL, Z. **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: Ed. Uerj, 1998. p. 84-91.

BINDA, A. L. **Eventos hidrológicos extremos e morfodinâmica fluvial em área afetada por processos de arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul – bacia hidrográfica do arroio Miracatu**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BINDA, A. L.; VERDUM, R. Reflexões interpretativas sobre as manchas de areia do sudoeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 273-288, maio/ago. 2015.

CANEPPELE, J. C. G. **Espacialização da arenização a partir da ecodinâmica e da cartografia ambiental**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

CANEPPELE, J. C. G. **Serviços ambientais da arenização**. 2023. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

CARRARO, C. C.; EICK, N. C.; GAMERMANN, N. **O domo de Itu**: nota explicativa. Porto Alegre: Instituto de Geociências/UFRGS, 1972.

CORBONNOIS, J. *et al.* L'érosion des sols sableux dans les campos du Sud du Brésil (bassin de l'Ibicui, Rio Grande do Sul). **Géomorphologie**: Relief, Processus, Environnement, [En ligne], v. 17, n. 1, p. 53-64, 2011. Disponível em: https://geomorphologie.revues.org/9213. Acesso em: 15 maio 2018.

CORBONNOIS, J. *et al.* L'intensification des pratiques agricoles et la mobilisation des ressources naturelles dans la pampa du Sud du Brésil. **Vertigo** [En ligne] Revista Eletrônica, v. 14, n. 1, mai 2014. Disponível em: https://vertigo.revues.org/14590. Acesso em: 15 maio 2018.

DUMMER, J. **Aspectos litológicos, pedológicos e tectônicos, associados aos processos erosivos, na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

DUMMER, J.; VERDUM, R. Controle estrutural nos processos erosivos hídricos e na arenização, bacia hidrográfica do arroio Miracatu – Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 24, p. 1-27, 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The state of food and agriculture: paying farmers for environmental services. **FAO Agriculture Series**, Rome, n. 38, 240 f, 2007.

FREITAS, E. M. **Arenização e fitossociologia da vegetação de campo no município de São Francisco de Assis, RS**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

FREITAS, E. M. **Campos de solos arenosos do sudoeste do Rio Grande do Sul**: aspectos florísticos e adaptativos. 2010. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FREITAS, E. M. *et al.* Florística e fitossociologia da vegetação de um campo sujeito à arenização no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 414-426, 2009.

GASS, S. L. B. **Zoneamento ambiental como subsídio para a definição das áreas de proteção ambiental**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

GASS, S. L. B. *et al.* Os areais do sudoeste do Rio Grande do Sul, Brasil, como patrimônio geomorfológico. **Physis Terrae**, Campus de Azurém, Portugal, v. 1, p. 101-119, 2019.

GOMES, T. C. **Feições eólicas quaternárias e vulnerabilidades agrícolas em áreas de arenização no pampa brasileiro**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

MARTELLI, G. V. **Monitoramento de flutuação de níveis de água em aquíferos freáticos para avaliação do potencial de recarga em área de afloramento do sistema Aquífero Guarani em Cacequi – RS**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

OKIDO, R. H. **Paisagens em transformação**: da técnica à percepção. Estudo sobre o avanço da lavoura de grãos nos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

OLIVEIRA, M.G. **Análise morfopedológica da Bacia Hidrográfica do Arroio Inhacundá** (RS). 2015. 211f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

PIRES DA SILVA, L. A. **Narrativas das percepções e conectividades de caminhantes nas paisagens dos areais pampeanos**: perspectivas ambientais para a geração de ambiências. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção [4.1] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. 2025. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/collection/colecao-4-1/. Acesso em: 13 maio 2025.

RAFFESTIN, C. Uma concepção de território, territorialidade e paisagem. *In*: PEREIRA, S. R.; COSTA, B. P.; SOUZA, E. B. C. (org.). **Teorias e práticas territoriais**: análises espaço-temporais. São Paulo: Expressão Popular, 2010. p. 13-23.

RIBEIRO, J. C. C. **Discurso e construção do imaginário acerca dos areais nas políticas voltadas à arenização no sudoeste gaúcho**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

RIBEIRO, P. A. M. Os caçadores pampeanos e a arte rupestre. *In*: KERN, A. A. (org.). **Arqueologia pré-histórica do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1991. p. 103-133.

RUDOLF S. de G., MATTHEW A. W., ROELOF M. J. B. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, n. 41, p. 393-408, 2002.

SANCHES, F. O. **Os areais do sudoeste do Rio Grande do Sul**: estudo sobre as chuvas no século XX e um possível cenário para o século XXI. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SANCHES, F. O. *et al.* Extreme rainfall events in the Southwest of Rio Grande do Sul (Brazil) and its association with the sandization process. **American Journal of Climate Change**, [on-line], v. 8, p. 441-453, 2019.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009.

SANTOS, J. V. Pampa: o cultivo de soja é a maior ameaça. Entrevista especial com Marcelo Dutra da Silva. **Instituto Humanitas Unisinos – IHU**, São Leopoldo, 17 mar. 2017. Disponível em: https://www.ihu.unisinos.br/categorias/159-entrevistas/565901-pampa-o-cultivo-de-soja-e-a-maior-ameaca-entrevista-especial-com-marcelo-dutra-da-silva. Acesso em: 6 mar. 2025.

SAVE BRASIL. **Alianza del Pastizal**. 2024. Disponível em: https://www.savebrasil.org.br/alianza-del-pastizal. Acesso em: 20 mar. 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO (SGB). **Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul**. [2008] mapa. Escala: 1:750.000. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/10301. Acesso em: 27 jun. 2019.

SCOPEL, I. *et al.* Neossolos quartzarênicos órticos das áreas de areais do sudoeste do Rio Grande do Sul: características físicas e morfológicas. *In:* SUERTEGARAY, D. M. A.; PIRES DA SILVA, L. A.; GUASSELLI, L. A (org.). **Arenização**: natureza socializada. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2012. p. 503-542.

SILVA, D. L. M. **Microclima e bioindicadores paleoclimáticos em paisagens com ocorrência de areais em São Francisco de Assis, RS, Brasil**. 2009. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SUERTEGARAY, D. M. A. **A trajetória da natureza**: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quarai – RS. 1987. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto grande do Sul**: controvérsias. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELI, L. A.; VERDUM, R. **Atlas da arenização**: sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia; Governo do Rio Grande do Sul, 2001.

SUERTEGARAY, D. M. A.; PIRES DA SILVA, L. A.; GUASSELLI, L. A. (org.). **Arenização**: natureza socializada. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura; Imprensa Livre, 2012.

TRAININI, D. R. **A influência da neotectônica no assoreamento de bacias hidrográficas**. Porto Alegre: CPRM, 2005.

VERDUM, R. **Approche géographique des "déserts" dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana, État du Rio Grande do Sul, Brésil**. 1997. Tese (Doctorat en Géographie et Aménagement) – Université de Toulouse Le Mirail, Toulouse, 1997.

VERDUM, R. Descoberta permanente: das areias aos areais. *In*: SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, L. A. P.; GUASSELLI, L. A. (org.) **Arenização**: natureza socializada. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura; Imprensa Livre, 2012. p. 73-83.

VERDUM, R.; SOARES, V. G. Dynamics and erosion/depositional processes in the interior of the sand deposits, southwestern Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Geociências [da] Unesp**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 511-571, 2010.

VERDUM, R.; SUERTEGARAY, D. M. A. A morfodinâmica dos areais: os processos e as formas no presente. O tempo que faz (weathering). *In*: SUERTEGARAY, D. M. A.; PIRES DA SILVA, L. A.; GUASSELLI, L. A. (org.). **Arenização**: natureza socializada. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura; Imprensa Livre, 2012. p. 173-183.

VIEIRA, L. F. S. **A valoração da beleza cênica da paisagem do bioma pampa do Rio Grande do Sul**: proposição conceitual e metodológica. 2014. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

WILDNER, W. *et al.* **Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM (Serviço Geológico do Brasil), 2006. 1 mapa. Escala: 1:750.000.

DISPERSÃO AÉREA DE SEMENTES NATIVAS COM USO DE ECOFOGUETES PARA FINS DE REGENERAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS DEGRADADAS DA CAATINGA

Renan Aversari Câmara
Bartolomeu Israel de Souza

Introdução

A Caatinga, um bioma exclusivo do Brasil, abrange principalmente a região Nordeste, com uma presença menor na região Sudeste, especificamente no norte de Minas Gerais, totalizando uma extensão de 734 mil km², correspondendo a aproximadamente 10% do território nacional (Silva *et al.*, 2004). Esse bioma é caracterizado por um clima semiárido, com uma média de precipitação anual de menos de 800 mm, sendo classificado como Savana Estépica (Veloso; Rangel-Filho; Lima, 1991). Internacionalmente, a Caatinga é considerada parte das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (STDF) (Oliveira Filho; Jarenkov; Rodal, 2006; Pennington; Prado; Pendry, 2000; Prado, 2000).

No contexto das alterações provocadas pelo desmatamento, a Caatinga emerge como um dos biomas mais impactados no Brasil, situando-se abaixo apenas da Floresta Atlântica e do Cerrado (Myers *et al.*, 2000). Conforme Antongiovanni, Venticinque e Fonseca (2018), aproximadamente metade da cobertura vegetal sofreu alguma forma de modificação devido a atividades econômicas, situação ainda mais preocupante quando se considera a distribuição fragmentada dessas áreas preservadas, aumentando a vulnerabilidade dos remanescentes diante da pressão humana. Essa degradação é confirmada ainda mais recentemente, revelando que restam apenas cerca de 11% da cobertura vegetal natural na região (Araújo *et al.*, 2023).

Devido às mudanças que a Caatinga tem enfrentado, a desertificação já está em estágios avançados em vastas áreas. Isso reflete uma correlação entre o processo de degradação, a vegetação e os solos, onde a redução da cobertura vegetal ao longo do tempo intensifica os processos erosivos e compromete as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ONU, 1995).

Em termos nacionais, a área suscetível à desertificação oficialmente abrange 1.338.076 km² e 1.482 municípios, onde mais de 30 milhões de pessoas residem. No contexto específico do estado da Paraíba, essa área é de 46.004 km², englobando 208 municípios (Brasil, 2004). Destaca-se na Paraíba a região do Cariri Paraibano, caracterizada por altos índices de desertificação, evidenciados pela escassez ou ausência completa de cobertura vegetal (Souza; Suertegaray; Lima, 2011).

Como parte do semiárido brasileiro, a Paraíba é um reflexo fiel da flora da Caatinga, uma vez que grande parte de seu território é caracterizada por esse tipo de clima e pelos solos derivados do complexo cristalino (Araújo *et al.*, 2005), sendo essas características determinantes para a presença da vegetação típica desse bioma.

Outro aspecto crucial a ser mencionado é o histórico de desmatamento que o bioma enfrenta no estado da Paraíba. Conforme dados do Projeto MapBiomas (c2021), a Caatinga paraibana registrou uma perda de cerca de 2.700 hectares de cobertura vegetal somente no ano de 2020. O total acumulado desde 1987 ultrapassa a marca de 1,2 milhão de hectares.

Considerando o contexto anterior, a restauração dessas áreas degradadas representa um desafio significativo. Isso se deve não apenas à necessidade de conhecimento sobre as espécies a serem reintroduzidas, mas também à diversidade de ambientes a serem recuperados, além das questões financeiras associadas a essa intervenção, conforme destacado, entre outros documentos, pelo PAN-Brasil (Brasil, 2004). Um dos desafios cruciais é entender as características ambientais das áreas a serem restauradas, a fim de aplicar técnicas ecologicamente sustentáveis com o menor custo possível.

Como objetivo primário deste trabalho, buscou-se o desenvolvimento de um sistema de dispersão controlada de sementes de espécies vegetais pioneiras em áreas degradadas no bioma Caatinga, com o intuito de dar início ao processo de sucessão ecológica.

De maneira mais específica, optou-se pelo desenvolvimento de foguetes reutilizáveis, de baixo custo, não poluentes, de fácil operação e manuseio, dotados de mecanismo de dispersão controlada de sementes por via aérea — ora denominados de ecofoguetes. Em paralelo, buscou-se, também, um método de pelotização de sementes que maximizasse a taxa de germinação.

Metodologia

Em conformidade com os objetivos delineados, a metodologia consistiu em desenvolver e utilizar foguetes de baixo custo, propelidos a água e ar pressurizados, dotados de sistema de ejeção ativa da carga útil, bem como de recuperação, constituídos majoritariamente de fibra de vidro e peças confeccionadas com tecnologia de impressão 3D em Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS). Tais foguetes são destinados à dispersão aérea de sementes (ecofoguetes), tendo por base uma aproximação da técnica de nucleação, respeitando-se o processo de sucessão ecológica.

O local eleito para os experimentos de germinação de campo foram zonas com alto índice de degradação da fazenda Salambaia, inserida nos limites do município de Cabaceiras/PB, com características típicas do Cariri paraibano. Dado o local se inserir por completude no bioma da Caatinga, elegeram-se espécies nativas com características de pioneirismo no processo de sucessão ecológica, sendo elas: pinhão bravo (*Jatropha mollissima*), catingueira (*Cenostigma pyramidale*) e mororó (*Bauhinia cheilantha*).

Para os experimentos de campo, foram utilizadas sementes das espécies selecionadas, in natura, no grupo de controle, e encapsuladas em um *pellet* de argila bentonita, papel *kraft* e pó de coco, de modo a oferecer resistência à predação, uniformidade aerodinâmica e maior contenção de umidade. O acompanhamento e monitoramento da evolução das sementes em campo se deu pela contagem simples, observando-se se estas apresentaram germinação.

Desenvolvimento

Dentre as diversas técnicas conhecidas, a nucleação destaca-se como uma abordagem adequada para a recuperação de áreas degradadas em praticamente todos os biomas terrestres. Essa intervenção envolve o estabelecimento de "ilhas" de vegetação formadas por espécies que possuem condições ecológicas para promover uma melhoria significativa do ambiente, facilitando assim a colonização da área por outras espécies (Embrapa, [20--]).

Conforme destacado por Martins, Miranda Neto e Ribeiro (2012), a técnica de nucleação revela-se interessante, uma vez que as espécies selecionadas para iniciar o processo de semeadura irão modificar o ambiente

de maneira a torná-lo mais favorável para outras espécies mais exigentes durante o processo de sucessão ecológica. As espécies facilitadoras desempenham um papel crucial ao desencadear o processo de nucleação por meio de mecanismos e interações tanto com fatores abióticos quanto bióticos.

No contexto anterior, por exemplo, algumas espécies de leguminosas estabelecem uma simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, o que melhora a qualidade química do solo, tornando-o mais fértil. Além disso, as plantas facilitadoras podem promover a cobertura do solo exposto, reduzindo a incidência de radiação solar, equilibrando as oscilações de temperatura e conservando a umidade nas camadas superficiais do solo, além de fornecerem frutos, abrigo e poleiros para a fauna (Martins; Miranda Neto; Ribeiro, 2012).

A técnica destacada para estabelecer esses núcleos é a dispersão aérea de sementes, que proporciona uma heterogeneidade de espécies na formação desses agrupamentos. Além da justificativa relacionada ao nível de controle e à rapidez na replicação de uma distribuição semelhante às áreas que melhor representam a preservação do mesmo bioma, é importante considerar os custos financeiros envolvidos nessa técnica em comparação com técnicas alternativas, bem como a necessidade mínima de manejo e a economia de tempo associada ao processo.

Nesse contexto, adaptando o entendimento de Magnago *et al.* (2012) sobre os processos sucessionais na Mata Atlântica, a dispersão aérea de sementes visa compensar deficiências relacionadas à chuva de sementes. Isso se justifica pelo fato de que chuvas de sementes por processos naturais dificilmente ocorreriam em áreas degradadas com características de desertificação, onde a formação de um banco de sementes seria improvável devido à rarefação ou mesmo à ausência de cobertura vegetal nesse tipo de ambiente altamente degradado.

A modalidade proposta de dispersão aérea ainda apresenta a vantagem de proporcionar uma dispersão aleatória em termos de diversidade de espécies, resultando em uma situação de aleatoriedade semelhante à encontrada nos processos de dispersão naturais. Essa característica possibilita a formação de um banco de sementes com grupos sucessionais distintos.

Apesar de as sementes de plantas nativas da Caatinga apresentarem adaptações que favorecem o sucesso da germinação e do estabelecimento de espécimes viáveis (Souza, 2020), a técnica de pelotização de sementes emerge como uma opção relevante para aumentar a resistência contra os

fatores climáticos adversos. Isso visa minimizar o estresse hídrico durante o período de germinação e estabelecimento da plântula.

Outro fenômeno natural que respalda a utilização de *pellets* é a predação de sementes, conforme discutido por Neves e Viana (2008) em um estudo sobre a dispersão e predação de sementes de algumas espécies nativas da Caatinga, incluindo uma delas (*Jatropha mollissima*) selecionada para este estudo. Uma terceira justificativa para o uso dessa técnica deriva da mecânica empregada na dispersão neste estudo. Em outras palavras, o encapsulamento das sementes tem como objetivo uniformizar a massa e a forma destas, visando otimizar a aerodinâmica e assegurar um controle máximo da dispersão.

Um dos principais desafios na recuperação florestal de áreas degradadas continua sendo o custo das operações. O plantio de mudas é, de longe, a técnica de reflorestamento mais comumente adotada, devido à sua maior probabilidade de sucesso. No entanto, em certos casos, métodos de semeadura direta, como a dispersão aérea, são preferíveis por razões econômicas (Ortolani *et al.*, 2015).

Dado esse cenário, como já exposto anteriormente, este trabalho teve como um dos objetivos o desenvolvimento de tecnologia para a dispersão aérea de sementes, visando complementar os métodos de regeneração da cobertura vegetal, com a intenção de reduzir tanto os custos quanto o tempo dessas operações.

A semeadura aérea para fins de reflorestamento não é uma prática nova e tem sido utilizada há muitos anos. Por exemplo, no Canadá, nas décadas de 1960 e 1970, a semeadura aérea direta, com o uso de aeronaves de asa fixa ou helicópteros, foi o principal método de reflorestamento para cerca de 50% da área total semeada (Waldron, 1973).

Outro exemplo é a semeadura aérea de *Pinus Radiata*, na taxa de 2,24 kg/ha, realizada na década de 1960 em combinação com a regeneração natural nas florestas Kaingaroa da Nova Zelândia. Nos EUA, a dispersão aérea foi aplicada com sucesso em áreas afetadas por tempestades ou incêndios, onde veículos terrestres eram inadequados devido a tocos e outros obstáculos. A China tem uma história de mais de 55 anos de prática de dispersão aérea de sementes e, em 2012, foram realizados trabalhos em uma área de 136.400 hectares (Novikov; Ersson, 2019).

Tendo esse conjunto de fatos e informações como motivação, surgiu a ideia de desenvolver foguetes hidropneumáticos reutilizáveis e não

poluentes, com baixo custo de fabricação e operação, para a dispersão aérea de sementes em larga escala, denominados ecofoguetes. Ao considerar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, percebe-se que essa tecnologia tem o potencial de contribuir para os objetivos 13, "Ação contra a mudança climática global", e 15, "Vida terrestre".

Considerando o requisito de baixo custo, decidiu-se fabricar as câmaras e carenagens dos foguetes em fibra de vidro, enquanto as peças dos mecanismos e válvulas serão produzidas em acrilonitrila butadieno estireno, utilizando a tecnologia de fabricação digital por Modelagem por Deposição Fundida (FDM).

O foguete é composto por uma câmara de exaustão, responsável por sua propulsão, um canhão de ar comprimido, um paraquedas e um bico, além de aletas estabilizadoras de voo. O canhão de ar comprimido, por sua vez, é composto por três partes distintas: uma câmara de ar comprimido, uma válvula de abertura rápida e um cilindro de armazenamento de carga útil, que neste caso são cápsulas contendo sementes.

Com base nesses parâmetros, as dimensões do foguete foram fundamentadas a partir do diâmetro do molde das câmaras, utilizando um tubo de PVC de 100 mm. A laminação foi realizada com quatro camadas de tecido de fibra de vidro (tipo E), com densidade de 200 g/m², utilizando resina epóxi. As aletas foram feitas com chapas de fibra de carbono, com espessura de 0,5 mm.

A válvula de abertura rápida é equipada com uma mola de constante elástica medida em 65.503 N/m, proporcionando à válvula a capacidade de operar corretamente até um limite de pouco mais de 300 Psi de pressão na câmara de ar comprimido do canhão.

O dispositivo de recuperação consiste em um paraquedas simples, confeccionado a partir de um recorte octogonal em tecido "Failet" com 1,35 m, medido entre duas arestas opostas. O paraquedas é amarrado com cordas finas de 5 mm de diâmetro, cada uma com 1,5 m de comprimento, fixadas em cada vértice por meio de ilhós. Para completar o sistema de recuperação, um fio fino de nylon é preso à tubeira, permitindo que, após a dispersão das sementes e a completa abertura do paraquedas, o foguete possa ser rebocado de volta por um molinete, pousando próximo ao local de lançamento sem danificar sua estrutura.

Para o desenvolvimento do computador de bordo, foi adotada a plataforma Arduino Nano, equipada com um microcontrolador ATmega328,

capaz de executar as funções necessárias para a operação planejada. Além disso, integrou-se um módulo de radiofrequência NRF24L01, operando na faixa de 2,4 MHz, com dois servomotores para controle das ações. Um dos servomotores é responsável pela abertura do bico e ejeção do paraquedas, enquanto o outro aciona a válvula de abertura rápida, responsável pela dispersão da carga útil.

De maneira resumida, o funcionamento se inicia com o abastecimento do foguete pela tubeira, utilizando um sistema de lançamento que primeiro injeta água e, em seguida, ar comprimido. As câmaras de exaustão e de ar comprimido são interligadas por uma válvula de retenção unidirecional. Ao introduzir ar na câmara de exaustão, a válvula de retenção permite a pressurização da câmara de ar comprimido. Quando a pressão desejada é alcançada, dentro dos limites de segurança, o sistema de lançamento destrava o foguete por meio de um mecanismo pneumático. O ar comprimido na câmara de exaustão então empurra a água e o ar para fora da câmara até que a pressão interna se iguale à pressão atmosférica. De acordo com a terceira lei de Newton, o foguete é impulsionado na direção oposta, seguindo uma trajetória balística após a aceleração, que ocorre de forma retilínea.

A ejeção da carga útil, ou seja, das sementes, ocorre frontalmente após o nariz se desacoplar do foguete e o paraquedas ser expelido. O foguete está equipado com um computador de bordo que possui um temporizador preciso. Quando o foguete atinge o apogeu da trajetória, o computador ativa um servomotor responsável pelo mecanismo de abertura do nariz. Esse nariz, preso externamente ao corpo do foguete por um par de tiras elásticas, é desacoplado, liberando o paraquedas, que então começa a se desdobrar para abrir. Após um atraso suficiente para garantir que o canhão de ar esteja desobstruído, um segundo servomotor do mecanismo de disparo é acionado, dispersando ativamente as sementes.

O computador de bordo é dotado de um dispositivo de comunicação via radiofrequência, que recebe a informação do instante do acionamento do sistema de lançamento. A partir desse momento, o computador inicia a contagem do tempo do lançamento até o apogeu da trajetória, que é previamente programado com base em dados fornecidos por um simulador desenvolvido para prever a trajetória do foguete e o padrão de dispersão em solo. Ao atingir esse tempo programado, o computador inicia as rotinas descritas anteriormente para a ejeção das sementes.

Para facilitar os ensaios destinados à germinação e fornecer condições controladas de laboratório, foi desenvolvida uma estufa automatizada. Essa estufa conta com um sistema de gerenciamento baseado em um microcontrolador ATmega328, integrado à plataforma Arduino Nano, um módulo de tempo real RTC e uma válvula solenoide para controlar a irrigação. Além disso, são utilizados microaspersores e lâmpadas de espectro completo para garantir condições ideais de crescimento. A estrutura da estufa foi construída com tubos de PVC de 20 mm de diâmetro e revestida com um filme plástico transparente, proporcionando um controle preciso da irrigação e das condições ambientais.

Após a construção da estufa, procedeu-se à medição da vazão média dos aspersores, resultando em 150 ml por minuto por aspersor. Com um total de 12 aspersores, a vazão total alcançou 1,8 litro por minuto. Utilizando esses dados com a área a ser irrigada, de 1,35 m², foi possível calcular a quantidade de água necessária, simulando as condições pluviométricas registradas pela estação meteorológica localizada na fazenda Salambaia. Além disso, o fotoperíodo foi simulado com o uso de quatro lâmpadas de espectro completo, garantindo condições ideais de luz mesmo em caso de sombreamento na área da estufa. O substrato utilizado no experimento foi coletado diretamente do local de campo, garantindo a fidelidade das condições do solo.

Os estudos sobre a germinação das sementes foram conduzidos através de diversos ensaios, visando avaliar a eficácia do encapsulamento delas. Para esse fim, foi selecionada uma mistura composta por duas partes (em volume) de pó de casca de coco, uma parte de argila bentonita e uma parte de papel *kraft*. Foram também adicionadas pequenas doses de cravo da índia (*Syzygium aromaticum*) moído, na proporção de cerca de 1 grama para cada quilo da mistura, com o objetivo de atuar como um agente defensivo contra a predação. A escolha dessa composição foi embasada nos resultados obtidos em testes anteriores com sementes de milho (*Zea mays*), nos quais as sementes peletizadas demonstraram uma taxa de germinação de 67,4%, em contraste com a taxa de germinação de 57,9% das sementes não peletizadas.

O experimento, na instância de campo, consistiu em duas áreas: uma cercada, com restrição de acesso, e outra aberta, sem nenhuma restrição de uso. Ambas as áreas apresentam um índice de degradação semelhante, caracterizadas pela franca exposição do solo, com praticamente nenhuma ocorrência de serrapilheira. Na área de controle, como dito, o acesso e uso

do solo foi restringido por uma cerca de trama fina (geralmente utilizada na construção de galinheiros), para impedir a entrada de animais de médio porte, a exemplo de caprinos e ovinos, utilizados comumente na pecuária dessa região.

As sementes foram depositadas manualmente na superfície, de forma a facilitar a contagem e a visualização dos indivíduos germinados. Neste experimento, um total de 60 sementes foram empregadas, sendo 20 de cada espécie (*Jatropha mollissima*, *Cenostigma pyramidale* e *Bauhinia cheilantha*). Para cada uma dessas espécies, dez sementes foram encapsuladas, enquanto outras dez foram mantidas sem nenhum tratamento, servindo como grupo de controle.

Na segunda etapa, a dispersão das sementes foi conduzida utilizando o ecofoguete. Nesta fase, não houve dispersão de sementes sem encapsulamento. A amostra consistiu em 90 sementes, sendo 30 de cada espécie (*Jatropha mollissima*, *Cenostigma pyramidale* e *Bauhinia cheilantha*), não havendo nenhum procedimento proposital destinado à quebra da dormência antes da deposição em campo. O experimento teve início em maio de 2022, coincidindo com o início do período de maior precipitação pluviométrica para a região do Cariri paraibano.

Os resultados e desdobramentos dos ensaios podem ser visualizados na seção subsequente.

Resultados e discussão

Os foguetes desenvolvidos possuem um comprimento de 1,80 metro e uma massa de 1.400 quilogramas, com uma câmara de exaustão de volume de 6.100 litros e uma câmara do canhão com 2.000 litros. Eles têm uma capacidade de carga da ordem de 500 gramas. Durante os testes de lançamento, os foguetes realizaram seus voos conforme planejado. A ascensão ocorreu de maneira estável, e o disparo do canhão foi efetuado no apogeu da trajetória, demonstrando a precisão da modelagem.

O sistema de recuperação demonstrou ser eficiente, com um sincronismo perfeito entre a abertura do nariz, a liberação do paraquedas e o disparo da carga útil. O reboque por molinete também teve um desempenho satisfatório, garantindo que o foguete não ficasse à mercê do vento. A recuperação ocorreu sem danos, permitindo a reutilização completa e imediata do sistema.

No que se refere à dispersão, foram realizados ensaios de disparo em solo para verificar o padrão de distribuição. Os dados foram compilados em uma distribuição de frequência, utilizando o software ImageJ, e observou-se um comportamento semelhante a uma distribuição normal, ou distribuição gaussiana. Esse resultado possibilitou a modelagem da dispersão, combinando as dinâmicas de voo do foguete e do disparo do canhão. Levando em consideração as restrições angulares de abertura, as velocidades envolvidas e a altitude em que o disparo ocorre, foi possível predeterminar a área de saturação, bem como o padrão de distribuição das sementes encapsuladas no solo.

Utilizando uma ferramenta computacional para análise de vídeo — Tracker —, realizou-se a análise da dinâmica de voo do foguete, desde a fase de aceleração até a trajetória de voo livre. Comparando os resultados da análise de vídeo com a simulação, foi observado um erro inerente à trajetória da ordem de 1%, indicando um alto grau de confiabilidade.

Quanto à dispersão aérea, devido à sua natureza caótica, uma previsão determinística torna-se muito complexa e custosa. Nesse caso, uma abordagem estatística é favorável, permitindo afirmar com segurança a posição e o tamanho da área a ser atingida, bem como o padrão de distribuição das sementes no solo (Figura 1).

Figura 1 – Padrão de distribuição das sementes em solo

Fonte: os autores

Sob essas circunstâncias, a utilização da técnica de nucleação mostra-se plenamente viável com o emprego dos ecofoguetes, desde que haja a seleção adequada das espécies. Em cada disparo ou liberação, uma área com um envelope de 50 x 25 metros (1.250 m²) é saturada com um padrão normal ou gaussiano na distribuição de frequência espacial, como mencionado anteriormente. Em certos cenários, a promoção de misturas no povoamento florestal, com padrões complexos em vez de uniformidade, é considerada uma abordagem a ser adotada para a regeneração ecológica das florestas (Oliver; O'Hara; Baker, 2016).

O uso desse tipo de veículo (foguetes) para a dispersão aérea de sementes não é uma prática comum, difundida ou documentada. A dispersão aérea de sementes é ordinariamente associada, como mencionado, a veículos como aviões, helicópteros e, mais recentemente, drones. Historicamente, os foguetes têm sido associados a atividades espaciais, pesquisa científica e atividades educacionais.

A ideia de utilizar essa classe de foguetes para a dispersão de sementes em áreas degradadas representa uma abordagem inovadora no campo da recuperação ambiental. A propulsão à base de água traz consigo uma série de benefícios ambientais significativos. Em comparação com foguetes movidos a propelentes tradicionais, aqueles movidos a água pressurizada não emitem poluentes atmosféricos ou resíduos tóxicos, pois não envolvem combustão, contribuindo assim para uma pegada ambiental mais leve e sustentável, além de eliminar o risco de queimadas ou incêndios.

Por ter como elemento de propulsão a água pressurizada, recurso largamente disponível e geralmente de baixo custo, acaba por tornar o projeto economicamente viável. A segurança associada ao uso de água como elemento de propulsão é outro aspecto de destaque. A redução dos riscos no manuseio e transporte do foguete representa uma vantagem significativa em comparação com outras técnicas.

Para enriquecer a discussão, foi elaborada uma análise Swot, identificando os pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças relacionadas a essa tecnologia.

Forças:

- Sustentabilidade Ambiental: utilização de água como propulsor é ecologicamente amigável, reduzindo a pegada ambiental;

- Custo Acessível: além do baixo custo de confecção dos foguetes, a água é um recurso amplamente disponível e geralmente de baixo custo, contribuindo para a viabilidade econômica do projeto;
- Segurança: menor risco associado ao manuseio e transporte, além de eliminar o risco de incêndios e queimadas;
- Precisão na dispersão: o projeto do foguete garante uma dispersão precisa e eficiente de sementes;
- Velocidade de execução: em poucos minutos uma área de 1.250 m² pode ser saturada com sementes.

Fraquezas:

- Limitação de Alcance: foguetes movidos a água têm um alcance limitado em comparação com outros tipos de veículos;
- Capacidade de Carga Limitada: restrições na quantidade de sementes que o foguete pode transportar devido a limitações de peso;
- Dependência de Condições Climáticas: o desempenho pode ser afetado por condições climáticas, como vento e umidade.
- Oportunidade:
- Pesquisa e Desenvolvimento: oportunidade para investir em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar o design e a eficiência do foguete;
- Colaborações Estratégicas: explorar parcerias com instituições de pesquisa, organizações ambientais e governamentais para impulsionar o projeto.

Ameaças:

- Regulamentações e Normas: possíveis desafios relacionados a regulamentações locais ou internacionais que podem afetar o desenvolvimento e uso dos foguetes;
- Concorrência com Métodos Convencionais: a resistência à adoção de métodos não convencionais pode representar uma ameaça ao projeto;

- Aceitação Pública: a aceitação pública do uso de foguetes para dispersão de sementes pode ser uma preocupação, exigindo esforços de conscientização.

Em síntese, a proposta de utilizar foguetes movidos a água para a dispersão de sementes representa uma abordagem inovadora e promissora para a recuperação de áreas degradadas. Ao considerar as potencialidades desse método, é possível destacar as vantagens, como o baixo custo de produção e operação, a sustentabilidade e a aplicabilidade em áreas de difícil acesso, como manguezais, encostas de serras ou vales, terrenos rochosos, áreas de várzea, áreas afetadas por queimadas, entre outros. Isso confere uma verdadeira oportunidade para a utilização dos ecofoguetes.

Em relação ao experimento sobre a dispersão das sementes peletizadas em campo, que teve início em maio de 2022, o monitoramento foi realizado mensalmente entre junho e setembro desse ano. Quanto à germinação das sementes, na área cercada, com restrição de acesso, foi observada uma taxa de germinação de 20% exclusivamente para as sementes encapsuladas de *Jatropha mollissima*, sem sucesso na germinação das demais, incluindo todas aquelas não encapsuladas do grupo de controle. Esse resultado se repetiu na área onde as sementes foram dispersas usando o foguete, com uma taxa de germinação de 20% apenas para a espécie *Jatropha mollissima*.

Como possíveis razões desse resultado, temos o alto nível de degradação da área, a escolha do material de encapsulamento das sementes, que não forneceu a umidade por tempo necessário para germinação, a não ocorrência de quebra de dormência das sementes antes do experimento, agindo individualmente ou em conjunto.

Novos ensaios com formulação diferente, ainda em estágio laboratorial, apontam para resultados preliminares mais expressivos. Neste ensaio, utilizaram-se sementes de *Jatropha mollissima* e *Bauhinia cheilantha*, com quebra da dormência prévia, visto que os resultados anteriores mostraram que a prática contrária resultou na timidez da taxa de germinação em campo. Para as sementes de *Jatropha mollissima*, a quebra de dormência foi realizada pela imersão em água por 6 horas. Já nas sementes de *Bauhinia cheilantha*, a quebra da dormência foi efetivada com o desponte da semente, no lado oposto ao embrião e imersão em água por 1 hora.

A formulação da pelotização conta com um núcleo de vermiculita e uma casca papel *kraft* cortado a laser, perfazendo um cilindro poroso

de 25 mm de comprimento com diâmetro de 12 mm, totalizando uma massa média de 2,5 g. As capsulas foram dispostos em uma bandeja com substrato inerte e a rega foi manual, com auxílio de uma pipeta graduada, dosada em 2 ml duas vezes ao dia por *pellet*.

Nessa etapa do experimento, como já referido, os resultados preliminares foram expressivos, obteve-se uma média de 98% na taxa de germinação em ambas as espécies. Mesmo assim, os ensaios continuam em fase de repetições para obtenção de um resultado estatístico ainda mais significativo. Outros materiais ainda devem ser testados, como resíduo de carvão vegetal, de modo a verificar a aplicabilidade desse material, tendo como base a reutilização de resíduos.

Uma vez consolidados em laboratório, novos ensaios de campo devem ocorrer, variando-se as estratégias de dispersão, não só realizando as dispersões no início do período chuvoso, senão campanhas imediatamente após as primeiras chuvas, de modo a aproveitar também temperaturas mais amenas no solo, assim como uma melhor condição de umidade.

Futuras aplicações ainda são pretendidas para o emprego dos ecofoguetes, como o desenvolvimento de sementes sintéticas, com técnicas de clonagem atreladas ao melhoramento genético de espécies pioneiras, buscando-se aprimorar as capacidades de estabelecimento e sobrevivência em ambientes hostis.

Com esses dados em mãos, é possível avaliar a eficácia e a adequação desse método em comparação com os métodos e técnicas descritos na literatura científica relevante. Essa análise permitirá uma compreensão mais aprofundada do desempenho do método proposto em relação às abordagens existentes e sua viabilidade para aplicações futuras.

Uma análise bibliométrica conduzido por Gomes e Silva (2023) evidencia a escassez de informações sistemáticas sobre a recuperação da fauna e flora da Caatinga. Nessa pesquisa, foi realizado um levantamento das principais publicações no banco de dados Scopus relacionadas à recuperação de áreas degradadas na Caatinga, abrangendo o período de 2002 a 2022. Como resultado, identificou-se um total de 84 trabalhos publicados, sendo que entre 2013 e 2022 apenas 23 artigos abordavam essa temática (Gomes; Silva, 2023).

Nesse contexto, a busca por referências com metodologias análogas ou semelhantes às apresentadas neste trabalho, como a dispersão aérea ou semeadura direta no bioma da Caatinga, não obteve resultados

expressivos. Diante disso, a pesquisa foi ampliada sem restrições quanto à análise desse tipo de trabalho em outros biomas.

Inicialmente, uma campanha efetuada para regeneração florestal realizada na década de 1980, reconhecida tanto pela sua originalidade no contexto brasileiro quanto pelo sucesso obtido, é trazida à discussão. Esse trabalho consistiu em uma extensa iniciativa de semeadura aérea com sementes peletizadas contendo hidrogel de espécies pioneiras na Serra do Mar (Mata Atlântica), em Cubatão/SP. Foi apresentado por Pompéia *et al.* (1989) com o objetivo de restaurar a cobertura vegetal anteriormente degradada, sendo uma das principais causas a emissão de poluentes atmosféricos pelo polo industrial de Cubatão.

Em um estudo de acompanhamento sobre esse trabalho realizado em Cubatão, Pompéia *et al.* (1992), ao monitorarem os manacás-da-serra (*Tibouchina pulchra* e *Tibouchina mutabilis*), constataram que o aumento artificial do aporte de sementes nas áreas degradadas, por meio da semeadura aérea, resultou em um significativo aumento na regeneração das espécies quando comparado à regeneração natural.

Um dos resultados destacados nesse estudo é que, após 180 dias do plantio, foi observada uma taxa de sobrevivência em campo para as plântulas semeadas da ordem de 0,1% em relação à quantidade de sementes lançadas. No intervalo de seis meses a dois anos após o plantio, a taxa de mortalidade entre aquelas que sobreviveram foi de 20%.

Em um estudo bibliográfico mais recente, Kiama *et al.* (2023) realizaram um levantamento de casos de sucesso ao redor do mundo onde a técnica de semeadura aérea foi empregada. Eles constataram que poucos estudos com essa temática foram conduzidos em regiões tropicais. Embora seja uma técnica com potencial amplamente reconhecido e bastante utilizada em países industrializados para projetos de reflorestamento de grandes áreas, especialmente em locais de difícil acesso, há um interesse relativamente baixo pelo método nas regiões tropicais. De acordo com esses autores, os fatores que contribuem para o menor interesse pela técnica de dispersão aérea nessas regiões são as taxas relativamente baixas de germinação, com uma média de 38% entre os estudos revisados, e estabelecimento, da ordem de 17% nos estudos revisados (Kiama *et al.*, 2023).

Os resultados obtidos neste estudo, apesar de apresentarem uma taxa baixa de germinação, estão alinhados com trabalhos realizados anteriormente em diversas condições e biomas. O último experimento

descrito, que está em andamento, indica que, em condições ideais, é possível elevar a taxa de germinação a níveis ótimos, ou seja, aos máximos alcançáveis dentro das condições ambientais oferecidas.

Para que uma iniciativa de regeneração da cobertura vegetal alcance sucesso, é essencial planejar estratégias de plantio cuidadosas. Essa questão inclui observar o comportamento climático local para determinar o período mais propício ao plantio e conhecer as características das espécies selecionadas, bem como seu desempenho em termos de germinação e estabelecimento. Isso permite calcular a quantidade adequada de sementes a serem dispersas. Essas considerações são fundamentais para garantir o êxito da iniciativa, mesmo quando as intervenções são mínimas.

Ainda que as taxas de germinação e sobrevivência sejam mais baixas em comparação com métodos mais tradicionais, como o plantio manual de mudas ou o plantio mecanizado, isso não inviabiliza a aplicação da semeadura aérea. O método discutido aqui não pretende substituir os métodos existentes, mas sim oferecer uma alternativa adicional para projetos de restauração florestal na Caatinga. Cada abordagem tem suas vantagens e limitações, e a escolha entre elas depende das condições específicas do local, dos recursos disponíveis e dos objetivos do projeto. Portanto, a semeadura aérea pode desempenhar um papel complementar importante na regeneração da cobertura vegetal da Caatinga.

Considerações finais

Diante da exposição, algumas situações de interesse merecem destaque. Em primeira instância, pode-se destacar a promissora eficácia do sistema de pelotização, mesmo em sua fase inicial. Isso se evidencia na comparação entre a taxa de germinação das sementes pelotizadas e das sementes in natura, revelando uma vantagem considerável e relevante. Esse fato estimula a busca por melhorias no método, visando aumentar ainda mais a taxa de germinação.

Outro aspecto diz respeito à seleção das espécies. É evidente a diferença de resposta entre o pinhão bravo (*Jatropha mollissima*) e as outras espécies selecionadas para os experimentos. Devido à escassez de pesquisas nesse aspecto específico das espécies da Caatinga, há uma perspectiva de continuidade dos experimentos de germinação com outras espécies consideradas pioneiras nesse bioma.

Há também que se enaltecer a relação ecológica dos resíduos deixados pelas sementes que não germinaram, os quais, por estarem alinhados com o bioma, acabam por se tornar recursos eventuais para o ecossistema. O mesmo princípio se aplica aos componentes utilizados na pelotização, que são rapidamente absorvidos pelo solo sem causar impactos poluentes, convertendo-se em materiais disponíveis para reutilização nos processos ecológicos.

Por fim, no que tange ao aspecto econômico, apesar de ser uma pesquisa pioneira na Caatinga e estar em uma fase inicial, já se mostra viável uma aplicação em larga escala para uma primeira abordagem no processo de sucessão ecológica devido aos custos envolvidos na operação. Como observado, embora a taxa de germinação seja relativamente modesta, a dispersão aérea é uma prática adotada para projetos de reflorestamento em algumas circunstâncias específicas. No contexto deste estudo, os custos operacionais são minimizados, uma vez que, simultaneamente aos estudos de germinação, foi desenvolvido um veículo de dispersão aérea de baixo custo (tanto em termos de fabricação quanto de operação), o que pode influenciar a escolha das metodologias relacionadas ao plantio.

Isso posto, considerando os resultados apresentados, mesmo que a tecnologia esteja em estágio inicial, evidencia-se sua capacidade para a aplicação pretendida, com potencial para reduzir os custos associados à recuperação de áreas degradadas da Caatinga.

Referências

ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; FONSECA, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. **Landscape Ecology**, Dordrecht: Springer Nature, v. 33, p. 1353–1367, 2018.

ARAÚJO, F. S. *et al.* Repartição da flora lenhosa no domínio da Caatinga. *In*: ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. (org.). **Análise das variações da biodiversidade do bioma caatinga**: suporte a estratégias regionais de conservação. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 15-33.

ARAÚJO, H. F. P. *et al*. Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the caatinga dry forest region. **Scientific Reports**, Londres: Nature Publishing Group, v. 13, n. 18440, 2023.

BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca/PAN-Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente/ Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Código Florestal**: adequação ambiental da paisagem rural. Brasília, DF: Embrapa, [20--]. Nucleação. Disponível em: https://www.embrapa.br/codigo-florestal/nucleacao. Acesso em: jan. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global forest resources assessment 2015**: how are the world's forests changing? Rome: FAO, 2015. Disponível em: http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf. Acesso em: 20 mar. 2025.

GOMES, J. P. S.; SILVA, V. P. da. Recuperação de áreas degradadas sobre o bioma Caatinga: uma análise bibliométrica. Jataí, GO: Universidade Federal de Jataí, **Revista Eletrônica do Curso de Geografia** – Graduação e Pós-Graduação, n. 46, p. 36-51, maio-ago. 2023.

KIAMA, S. M. *et al*. A review of the application of aerial seeding technology in restoration of degraded forests. [*S. l.*]: **Kenya Forestry Research Institute**, 2023. Preprint. Disponível em: https://doi.org/10.22541/au.168606342.23089041/v1. Acesso em: 20 out. 2023.

MAGNAGO, L. F. S. *et al.* Os processos e estágios sucessionais da mata atlântica como referência para restauração florestal. *In*: MARTINS, S. V. (org.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. v. 1, p. 69-100.

MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; RIBEIRO, T. M. Uma abordagem sobre a diversidade de técnicas de restauração ecológica. *In*: MARTINS, S. V. (org.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. v. 1, p. 17-40.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Londres: Macmillan Magazines Ltd., v. 403, p. 853–858, 2000.

NEVES, E. L.; VIANA, B. F. Dispersão e predação de sementes de três espécies de Jatropha L. (Euphorbiaceae) da caatinga, semi-árido do Brasil. **Candombá**: Revista Virtual, Salvador: Centro Universitário Jorge Amado, v. 4, n. 2, p. 146-157, jul./dez. 2008.

NOVIKOV, A. I.; ERSSON, B. T. Aerial seeding of forests in Russia: a selected literature analysis. **IOP Conference Series**: Earth and Environmental Science, Bristol: IOP Publishing, v. 226, p. 1-19, 2019. 12.051. DOI 10.1088/1755-1315/226/1/012051.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; JARENKOV, J. A.; RODAL, M. J. N. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution pattern. *In*: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. **Neotropical savannas and seasonally dry forests**. Boca Raton, USA: CRC Press, 2006. p. 159-190.

OLIVER, C. D.; O'HARA, K. L.; BAKER, P. J. Effects of restoration at the stand level. *In*: STANTURF, J. A. (ed.). **Restoration of boreal and temperate forests**. 2. ed. Boca Raton, USA: CRC Press, 2016. p. 37-68.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Tradução de Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental, 1995.

ORTOLANI, M. R. *et al.* Aerial reforestation by seed bombs. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE REFORESTATION CHALLENGES, 3-6 June 2015, Belgrade, Serbia. **Proceedings** [...]. Belgrade: Reforesta, 2015. p. 227-233.

PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. A.; PENDRY, C. Neotropical seasonally dry forests and Pleistocene vegetation changes. **Journal of Biogeography**, Oxford: Blackwell Science Ltd., v. 27, p. 261-273, 2000.

POMPÉIA, S. L. *et al*. A semeadura aérea na Serra do Mar em Cubatão. **Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 13-18, 1989.

POMPÉIA, S. L. *et al*. Comportamento dos manacás-da-serra (*Tibouchina sp*) semeados por via aérea em Cubatão. *In:* **Anais do II Congresso Nacional sobre Essências Nativas**; 1992; São Paulo. São Paulo: UNIPRESS; 1992. p. 506-512.

PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. **Journal of Botany**, Edinburgo, UK, v. 57, p. 437-461, 2000.

PROJETO MAPBIOMAS – coleção [versão] da Série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil. [*S. l.*], c2021. Mapas de uso da terra. Disponível em: https://mapbiomas.org/. Acesso em: nov. 2021.

SILVA, J. M. C. *et al.* (org.). **Biodiversidade da caatinga**: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília, DF: MMA; Ufpe; Conservation International – Biodiversitas – Embrapa Semi-Árido, 2004.

SLOAN, S.; SAYER, J. A. Forest resources assessment of 2015 shows positive global trends but forest loss and degradation persist in poor tropical countries. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã: Elsevier, v. 352, p. 134-145, 2015. DOI 10.1016/j.foreco.2015.06.013.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Evolução da desertificação no Cariri paraibano a partir da análise das modificações na vegetação. Rio Claro (SP). **Geografia**, Rio Claro: UNESP, v. 36, n. 1, p. 193-205, jan./abr. 2011.

SOUZA, D. D. de. **Adaptações de plantas da caatinga**. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

WALDRON, R. M. Direct seeding in Canada, 1900-1972. *In:* CANADIAN FORESTRY SERVICE. **Northern Forestry Research Centre Research Note**. Edmonton: Northern Forest Research Centre, 1973. p. 11–27.

ENTENDER PARA COMBATER: CONTRIBUIÇÃO TÉCNICA/METODOLÓGICA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR PROCESSO EROSIVO LINEAR EM PEQUENA PROPRIEDADE RURAL DE RONDONÓPOLIS/MT

Maria Adelvana da Silveira Lucena
Caio Augusto Marques dos Santos
Érika Cristina Nesta Silva

Introdução

Entendemos, neste trabalho, que há duas formas básicas, e complementares, de entender e estudar os processos erosivos. Uma delas é observá-los como fenômeno natural, responsáveis pela modelagem da superfície terrestre. A outra é vê-los como problema ambiental.

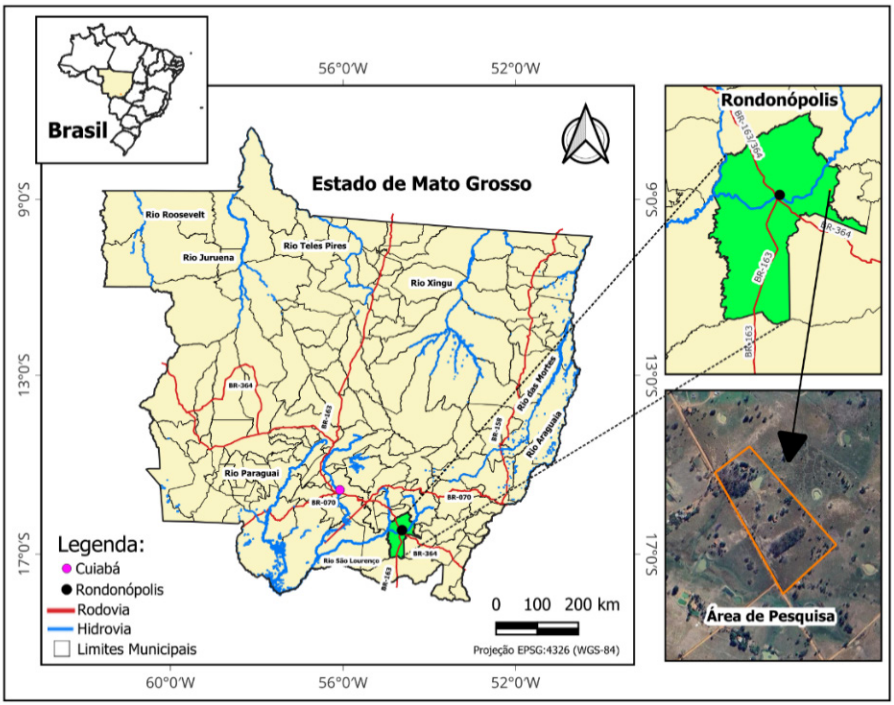
Como um dos responsáveis pela esculturação do relevo, a temporalidade envolvida em suas dinâmicas é o tempo profundo, dos milhares e milhões de anos de ações estritamente dos elementos da natureza. Como problema ambiental, sua temporalidade é o tempo histórico, dos segundos, minutos, dias, anos, de ações combinadas (e difíceis de distinguir) da sociedade (ao produzir espaço) e da natureza (pois o tempo profundo não para).

Essa segunda forma de compreender os processos erosivos possui diversos aspectos que devem ser levados em consideração, portanto relativizados. Um fator de fundamental importância para o que chamamos atenção é que, ao serem tratados como problema ambiental, não deixam de modelar o relevo. Um segundo traz elementos relacionados a algumas perguntas simples: quem provocou o problema? Quem foi atingido? Quem tem mais condições materiais de lidar com ele? É problema para quem?

Diante do apontado, assumimos trabalhar com a erosão pela ótica do problema ambiental, e assim delimitamos como objetivos neste trabalho analisar a gênese, a transformação e a recuperação de processos erosivos numa pequena propriedade rural em Rondonópolis (Figura 1). Além disso, tomar nosso objeto de pesquisa como problema ambiental encontra lastro

com o fato de que o proprietário não teve recursos financeiros suficientes para instalar medidas conservacionistas do solo e, posteriormente, para recuperar a área degradada por erosão linear.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Lucena (2024)

Vale destacar que, quando apontamos o processo erosivo como responsável, não estamos culpando a dinâmica natural envolvida, mas sim as relações sociais presentes e influentes que, em última instância e em conjunto, interferem, transfiguram e condicionam a morfogênese e influenciam a formação dessa área degradada. Assim, estamos trabalhando com uma perspectiva de totalidade do problema estudado.

Do ponto de vista operacional, para a análise da gênese e da transformação da feição erosiva, utilizamos imagens orbitais pretéritas do software Google Earth e dados pluviométricos do InMet, Cemaden e Agritempo. Para a análise da recuperação, instalamos paliçadas de bambus e sacos

de ráfia preenchidos com terra em três pontos, também acompanhados de dados pluviométricos.

A Figura 2 mostra a posição das paliçadas de bambu na propriedade funcionando como barreiras para diminuir a velocidade do fluxo superficial de água, favorecer sua infiltração e condicionar a deposição de sedimentos.

Figura 2 – Localização das paliçadas de bambu e sacos de ráfia funcionando como barreiras

Fonte: Google Earth. Org. de Lucena (2024)

A área estudada localiza-se sobre rochas sedimentares da Formação Furnas (MT, 2011). Não há formação de solo típico onde foram instaladas as barreiras, conforme observado em campo. O que existe é uma superfície pedregosa do tipo saprólito. No que se refere ao relevo, a declividade das vertentes é baixa, suas vertentes são retilíneas e possuem longos comprimentos. Os topos das colinas são convexos e estreitos. Não há fundos de vale nas imediações da área de estudo. A vegetação típica é do Cerrado, porém, com as alterações de origem social ao longo do tempo, têm-se poucos remanescentes de espécies arbóreas e arbustivas, com uso predominante da pastagem. O clima na região possui duas estações bem-marcadas. De outubro a março, uma estação chuvosa, com totais acumulados que podem ultrapassar os 1.100 mm. Por outro lado, de abril a setembro, há uma estação seca, com totais acumulados abaixo dos 300 mm. Acerca das temperaturas, a média das máximas temperaturas estão acima dos 30°C, e média das mínimas abaixo dos 20°C (Silva *et al.*, 2022).

Salientamos que nosso trabalho encontra respaldo, e teve como base, estudos anteriores que também tiveram o objetivo de analisar a gênese, transformação e recuperação de áreas degradadas. Alguns deles são: Baldassarini (2013); Nunes (2014); Nunes *et al.* (2023); Santana e Nunes (2021); Santos (2019); Silva e Santos (2021); Silva *et al.* (2022). Do ponto de vista teórico, como alicerce à compreensão acerca dos processos erosivos, utilizamos Guerra (2011); Guerra e Botelho (2012); e Guerra e Guerra (2009).

Procedimentos metodológicos

Os procedimentos adotados para levantamento de dados, informações e análises podem ser divididos em duas partes, uma a respeito da gênese e transformação da área de estudo e a outra sobre a recuperação dela.

Para a análise da gênese e transformação da área de estudo, utilizamos imagens orbitais pretéritas do software Google Earth. Foram utilizadas 12 imagens. A primeira é do dia 07/08/2005 e a última de 10/07/2023. Essas imagens foram selecionadas pois eram representativas de registros de alterações ocorridas nos intervalos de tempo entre elas, contudo foram utilizadas e aqui inseridas três que julgamos apresentar os momentos importantes da área para a finalidade do trabalho.

Como apoio a essa análise, para verificar relações entre alterações nos usos e coberturas da terra e os processos erosivos, usamos dados pluviométricos das estações meteorológicas automáticas do InMet (Código da estação A907), Cemadem (Código da estação 510760201A) e Agritempo (Código da estação 83364). A principal fonte dos dados foi o InMet. As outras duas foram utilizadas para complementar dados faltantes. Foram utilizados os totais acumulados diários, com período iniciando sempre na estação chuvosa (01/10) até a data da imagem (Quadro 1), mesmo procedimento utilizado em Silva *et al.* (2022).

Quadro 1 – Quantidade de imagens orbitais do Google Earth disponíveis para a área de estudo, suas datas, intervalo de dias entre o início do período chuvoso até a data da imagem e dias sem registro de dados pluviométricos do InMET

Imagens	Data	Intervalo de dias	Dias sem registro pelo INMET*
1	07/08/2005	311	18
2	20/06/2007	263	76
3	03/08/2009	307	-
4	27/05/2013	239	1
5	14/03/2014	165	73
6	25/07/2016	299	-
7	13/08/2016	318	-
8	09/05/2017	221	62
9	03/06/2017	246	62
10	24/06/2019	267	65
11	04/05/2022	216	198
12	10/07/2023	283	-

***** Para os dias sem registros pluviométricos da estação meteorológica automática do InMET, utilizaram-se os dados da estação automática do Cemadem e do Agritempo (TRMM.2554). Org. dos autores

Para análise da recuperação, instalamos três paliçadas de bambu e sacos de ráfia cheios de terra associados para funcionarem como barreiras diminuindo a velocidade do fluxo superficial e promovendo a infiltração de água e deposição de sedimentos (Figura 3). A primeira paliçada foi instalada fora da ravina, a um metro a montante da sua cabeceira. As outras duas foram colocadas dentro da ravina. A segunda em relação à primeira dista cerca de 4 metros; e a terceira em relação à segunda, 15 metros.

Figura 3 – Processo de instalação das paliçadas de bambu

Fonte: Lucena (2024)

Foram realizados 12 trabalhos de campo. O primeiro teve como objetivo a instalação das barreiras e início do registro fotográfico (Figura 4). Os demais foram feitos com intervalos aproximados de 30 dias entre eles. Todos com objetivo de registro fotográfico como suporte para análise da recuperação. No terceiro trabalho de campo, foi feita a instalação da cerca com arame farpado, pois o gado estava comendo a vegetação que crescia como resultado do trabalho.

Figura 4 – As três barreiras de paliçadas de bambu e sacos de ráfia instaladas no primeiro trabalho de campo

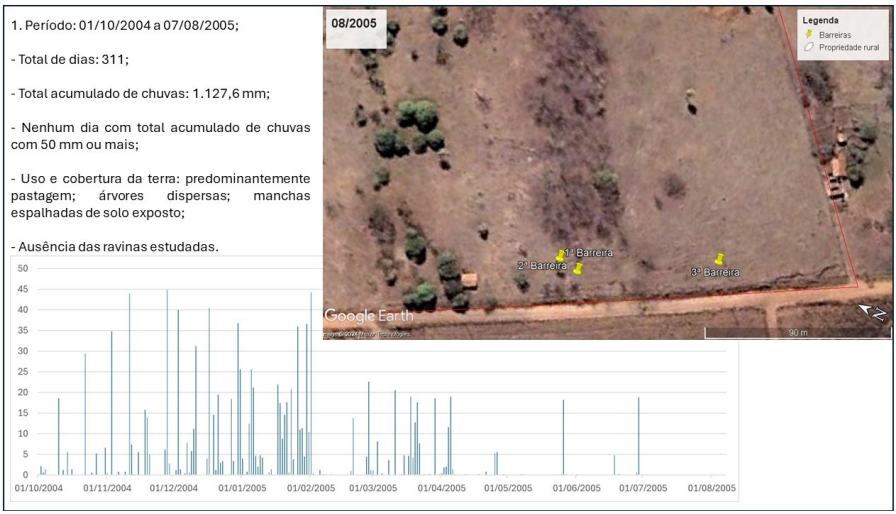
Fonte: Lucena (2024)

As fontes dos dados pluviométricos utilizados obedeceram à mesma lógica da etapa de análise da gênese e transformação, contudo os intervalos temporais foram os interstícios entre um trabalho de campo e outro.

Gênese e transformação da área de estudo

A Figura 5 e o Quadro 2 foram elaborados com a intenção de ilustrar e sintetizar como foi a passagem do tempo e alterações ocorridas na paisagem entre agosto de 2005 e julho de 2023. São 18 anos compilados com informações acerca do total acumulado de chuvas, totais diários acumulados acima de 50 mm (quantidade relevante de chuva para influenciar sobremaneira processos erosivos) e mudanças no uso e ocupação da terra para analisar as repercussões nas feições erosivas.

Figura 5 – Imagens orbitais pretéritas do software Google Earth da área de estudo, uso e cobertura da terra e dados pluviométricos. As posições das paliçadas de bambu foram mantidas como pontos de referência



12. Período: 01/10/2022 a 10/07/2023;

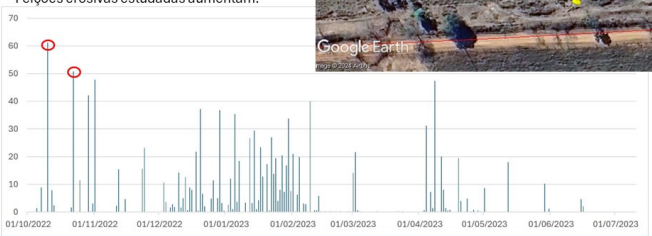
-Total de dias: 283;

- Total acumulado de chuvas: 1.185 mm;

- 2 dias com total acumulado de chuvas com 50 mm ou mais;

- Uso e cobertura da terra: predominantemente pastagem; árvores dispersas permanecem; capão de mata permanece; áreas de solo exposto aumentam; sulcos erosivos e ravinas aumentam;

- Feições erosivas estudadas aumentam.



Fonte: Google Earth, InMET, Cemadem e Agritempo. Org. dos autores

Quadro 2 – Dados pluviométricos, uso e cobertura da terra e a relação com os processos erosivos

Imagens	Data	Intervalo de dias	Dias com total acumulado acima de 50 mm	Total acumulado no período (mm)	Uso e cobertura da terra	Feições erosivas estudadas
1	07/08/2005	311	0	1.127,6	Predominantemente pastagem; árvores dispersas; manchas espalhadas de solo exposto	Ausência das ravinas
2	20/06/2007	263	4	1.261,6	Predominantemente pastagem; árvores dispersas; capão de mata; aumento de manchas de solo exposto; início de abertura de sulcos erosivos	Início das feições erosivas
3	03/08/2009	307	3	993,8	Predominantemente pastagem; árvores dispersas; capão de mata aumenta; aumento de áreas de solo exposto; aumento de sulcos erosivos e ravinas	Continuação do aumento das feições erosivas
4	27/05/2013	239	2	1.075,7	Predominantemente pastagem; árvores dispersas; capões de mata aumentam; diminuem áreas de solo exposto; diminuem sulcos erosivos e ravinas	Diminuição das feições erosivas. Aparecimento de feição erosiva linear

Imagens	Data	Intervalo de dias	Dias com total acumulado acima de 50 mm	Total acumulado no período (mm)	Uso e cobertura da terra	Feições erosivas estudadas
5	14/03/2014	165	1	1.053	Predominantemente pastagem; árvores dispersas; capões de mata diminuem; áreas de solo exposto permanecem semelhantes; sulcos erosivos e ravinas permanecem semelhantes	Aumento das feições erosivas. Feição erosiva linear diminui
6	25/07/2016	299	1	691	Predominantemente pastagem; árvores dispersas; capão de mata permanece; áreas de solo exposto aumentam; sulcos erosivos e ravinas aumentam	Aumento das feições erosivas
7	13/08/2016	318	1	691	Predominantemente pastagem; árvores dispersas; capão de mata permanece; áreas de solo exposto permanecem; sulcos erosivos e ravinas permanecem	Feições erosivas permanecem
8	09/05/2017	221	1	1.073,9	Predominantemente pastagem; árvores dispersas; capão de mata permanece; áreas de solo exposto diminuem; sulcos erosivos e ravinas diminuem	Feições erosivas aumentam

Imagens	Data	Intervalo de dias	Dias com total acumulado acima de 50 mm	Total acumulado no período (mm)	Uso e cobertura da terra	Feições erosivas estudadas
9	03/06/2017	246	1	1.118,3	Predominantemente pastagem; árvores dispersas; capão de mata permanece; áreas de solo exposto permanecem; sulcos erosivos e ravinas permanecem	Feições erosivas aumentam
10	24/06/2019	267	6	1.276,3	Predominantemente pastagem; árvores dispersas; capão de mata permanece; áreas de solo exposto aumentam; sulcos erosivos e ravinas aumentam	Feições erosivas aumentam
11	04/05/2022	216	2	1.288	Predominantemente pastagem; árvores dispersas diminuem; capão de mata aumenta; áreas de solo exposto diminuem; sulcos erosivos e ravinas diminuem	Feições erosivas diminuem
12	10/07/2023	283	2	1.185	Predominantemente pastagem; árvores dispersas permanecem; capão de mata permanece; áreas de solo exposto aumentam; sulcos erosivos e ravinas aumentam	Feições erosivas aumentam

Fonte: os autores

Foi possível observar que as feições erosivas aparecem na propriedade com maior expressão e destaque entre as imagens de 2005 e 2008. De acordo com o proprietário, a feição linear de maior comprimento, onde estão duas paliçadas, surgiu a partir de um terraço mal construído, e que foi rompido pouco tempo depois.

A partir dos dados e informações levantadas, não é possível estabelecer uma relação de causa e efeito linear e determinante entre os índices pluviométricos, alterações no uso e cobertura da terra e as feições erosivas estudadas e presentes na área. Isso porque, em cada intervalo de tempo, há relações específicas estabelecidas que não são verificáveis somente pelo olhar de um registro estático da imagem orbital. Vê-se que, em dados momentos, com maiores índices de chuvas, há aumento de cobertura vegetal e diminuição das feições erosivas. Todavia, com características semelhantes, há aumento das mesmas feições em outros recortes temporais.

Um aspecto relevante não registrado pelas imagens é a presença do gado, e que é de fundamental importância para compreender processos erosivos. Em nenhuma das 12 imagens utilizadas e das inseridas verifica-se sua presença. O que se observa são indícios de seu pisoteio, sulcos e trilhas erosivas que são típicas dessa ação. Outro fato importante de se ressaltar é ausência de medidas conservacionistas.

Recuperação da área degradada por processo erosivo linear

A análise da recuperação da área degradada por processo erosivo linear teve como suporte os registros fotográficos feitos em cada trabalho de campo e os dados pluviométricos levantados (Quadro 3). Todo o período analisado se deu sem alterações no uso e cobertura da terra predominante, que permaneceu os 365 dias com pastagem.

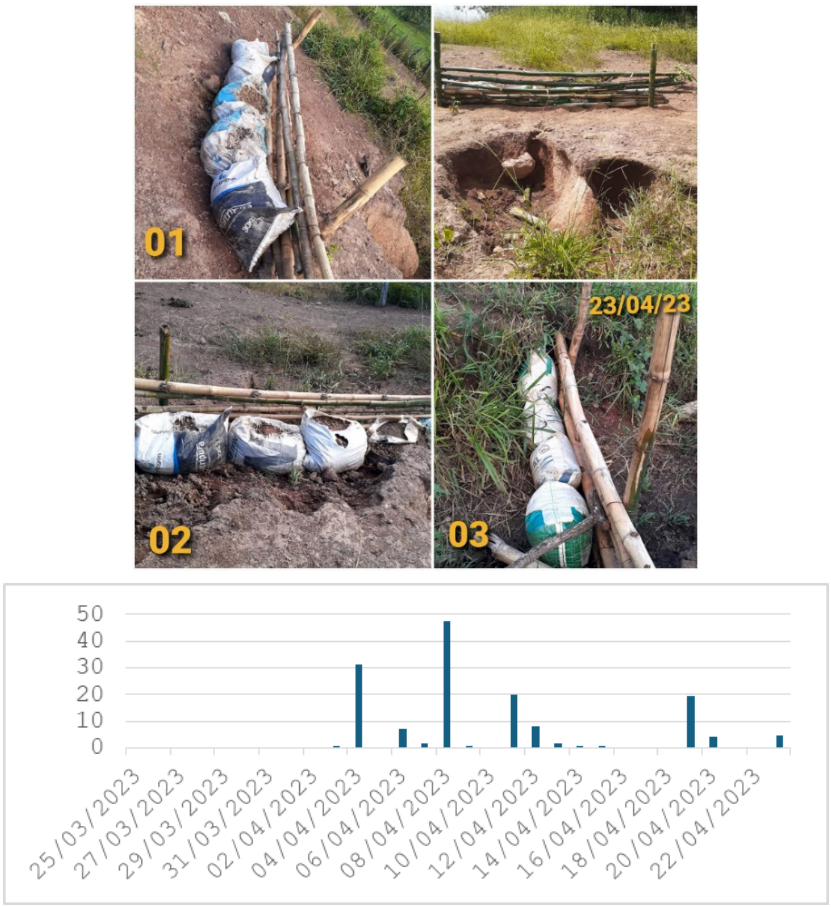
Quadro 3 – Trabalhos de campo realizados, intervalos de dias, dias com mais de 50 mm acumulados e total acumulado no período

Trabalhos de campo	Período	Intervalo de dias	Dias com total acumulado acima de 50 mm	Total acumulado (mm)
1	25-03 a 23-04/2023	30	0	146,8
2	23-04 a 20-05-2023	26	0	28,4
3	21-05 a 23-06-2023	34	0	18
4	24-06 a 23-07-2023	30	0	0
5	24-07 a 26-08-2023	34	0	1,8
6	27-08 a 23-09-2023	28	0	72,6
7	24-09 a 23-10-2023	30	0	39,2
8	24-10 a 23-11-2023	31	0	105,6
9	24-11 a 23-12-2023	30	1	99
10	24-12 a 23-01-2024	31	1	233,6
11	24-01 a 24-02-2024	32	1	110,2
12	25-02 a 24-03-2024	30	0	159,4
Total: 12	25-03-2023 a 24-03-2024	365	3	1.014,6

Fonte: Google Earth, InMET, Cemadem e Agritempo. Org. dos autores

A Figura 6 ilustra a situação do processo de recuperação no trabalho de campo seguinte a instalação das paliçadas e os dados pluviométricos no período. É possível comparar com o primeiro através da Figura 4.

Figura 6 – Registros fotográficos no segundo trabalho de campo, dia 23/04/2023, e dados pluviométricos



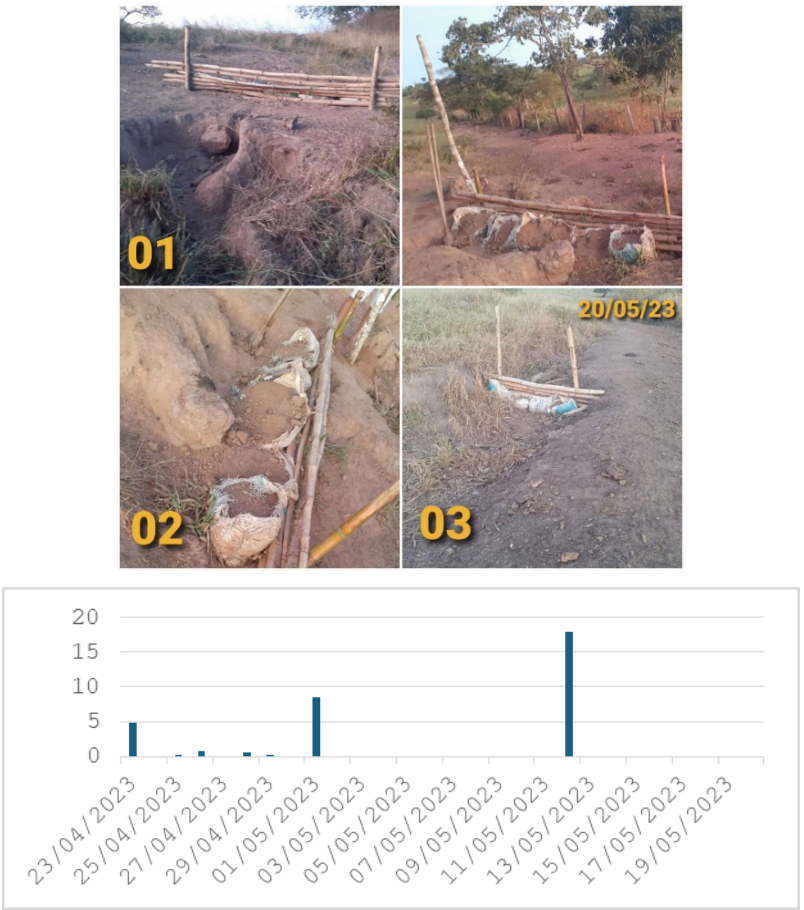
Fonte: Lucena (2024)

É possível verificar que os sacos de ráfia foram danificados em decorrência do pisoteio do gado. É importante destacar que o proprietário mencionou que não os deixaria pastar na área durante o estudo, porém o que se verificou foi o contrário.

Choveu no período 146,8 mm (30 dias), com boa distribuição no intervalo, sem nenhum dia com total acumulado superior a 50 mm. Na barreira 3, foi possível observar deposição de sedimentos e início de crescimento de vegetação.

A Figura 7 ilustra a situação no segundo trabalho de campo e os dados pluviométricos. É fácil de perceber, pela vegetação (rarefação e amarelamento), a queda nos índices pluviométricos, que tem um total acumulado de 28,4 mm em 26 dias. Diante disso, percebe-se um retrocesso no processo de recuperação, já que a vegetação que cresceria em decorrência da infiltração da água colaboraria para potencializar o processo de recuperação iniciado com as barreiras de bambu. Também se observa a degradação dos sacos de ráfia, que não foram trocados ou reforçados ao longo do trabalho justamente para se verificar suas eficácias.

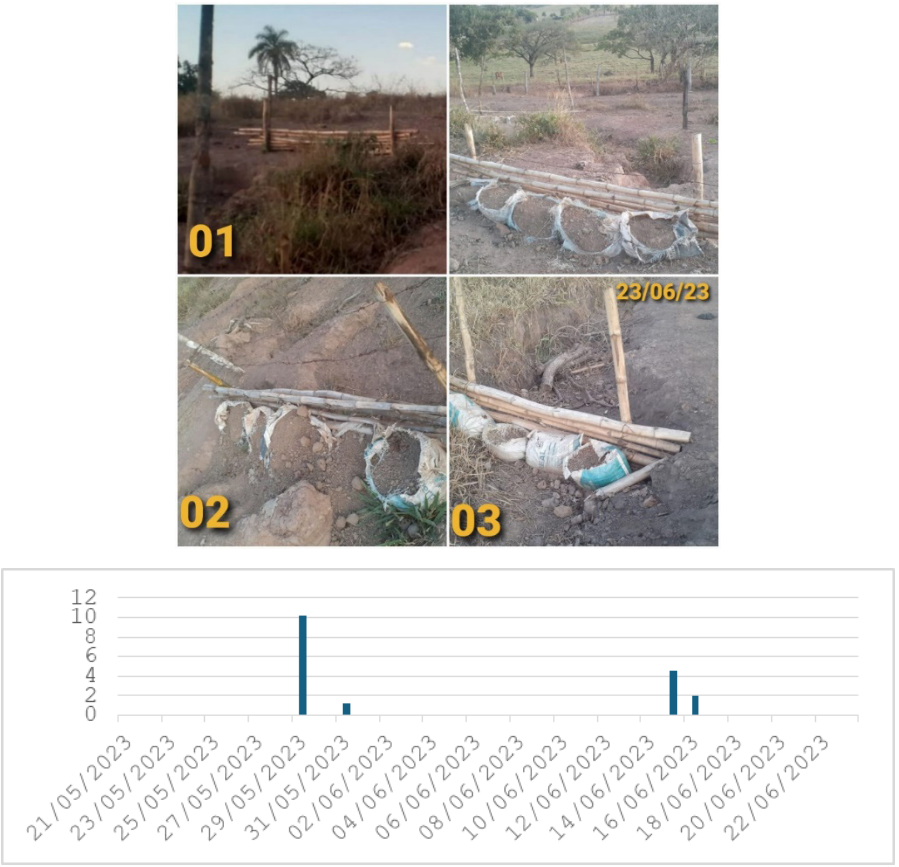
Figura 7 – Registros fotográficos no terceiro trabalho de campo, dia 20/05/2023, e dados pluviométricos



Fonte: Lucena (2024)

No terceiro trabalho de campo (Figura 8), foi possível verificar a continuação do retrocesso de recuperação através da rarefação da vegetação e de seu amarelamento e ressecamento. O índice pluviométrico diminuiu em relação ao período anterior, ou seja, foram 18 mm em 34 dias. E os sacos de ráfia seguiram em degradação.

Figura 8 – Registros fotográficos no terceiro trabalho de campo, dia 23/06/2023, e dados pluviométricos



Fonte: Lucena (2024)

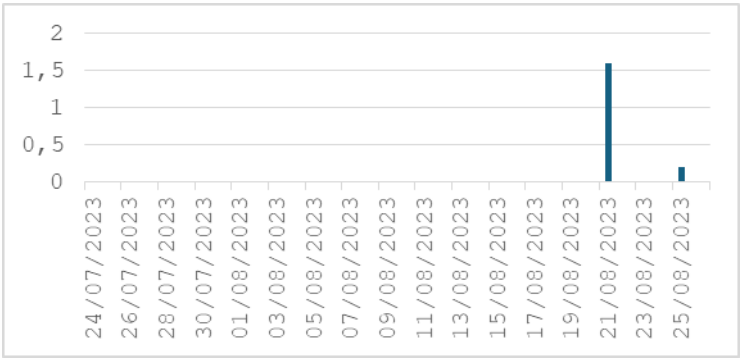
A Figura 9 ilustra a situação do processo de recuperação no quarto trabalho de campo. Verificou-se a continuidade no ressecamento e escasseamento da vegetação e a degradação dos sacos de ráfia em virtude de que, em 30 dias, não houve chuvas registradas.

Figura 9 – Registros fotográficos no quarto trabalho de campo, dia 23/07/2023

Fonte: Lucena (2024)

No quinto trabalho de campo, observou-se que pouca coisa mudou em relação ao anterior (Figura 10). Única diferença foi 1,8 mm de chuva acumulada em 34 dias.

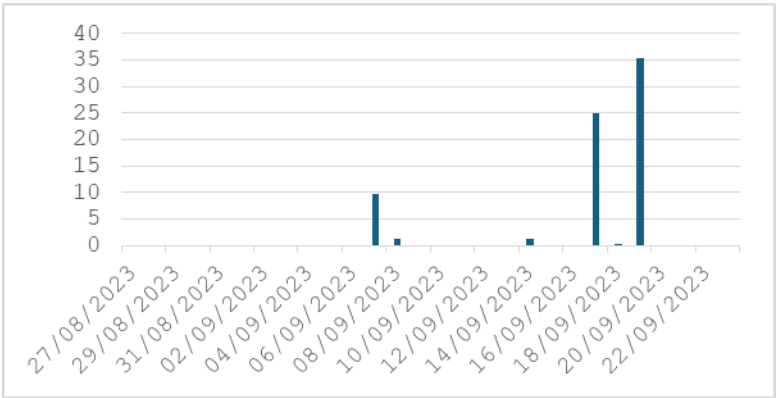
Figura 10 – Registros fotográficos no quinto trabalho de campo, dia 26/08/2023, e dados pluviométricos



Fonte: Lucena (2024)

No trabalho de campo seguinte, foi possível observar uma tímida recuperação da vegetação em decorrência do aumento do índice pluviométrico, que foi de 72,6 mm em 28 dias (Figura 11).

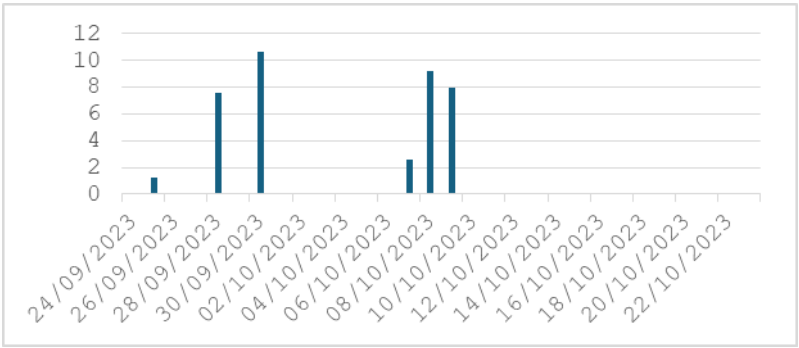
Figura 11 – Registros fotográficos no quinto trabalho de campo, dia 23/09/2023, e dados pluviométricos



Fonte: Lucena (2024)

Observou-se, no sétimo trabalho de campo, que pouca coisa mudou em relação ao anterior. A explicação para a estagnação do processo de recuperação foi a diminuição do índice de chuvas, que foi de 39,2 mm em 30 dias (Figura 12).

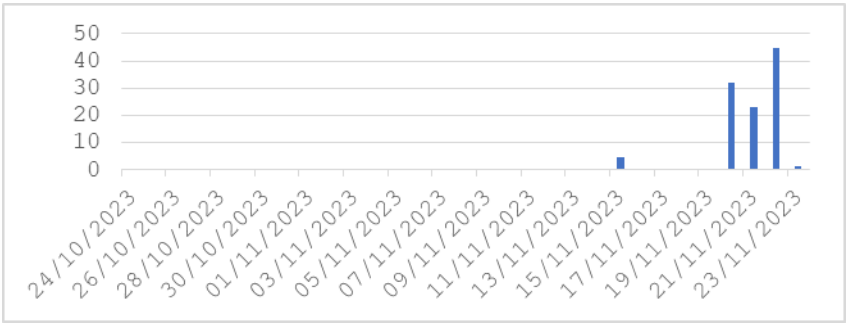
Figura 12 – Registros fotográficos no sétimo trabalho de campo, dia 23/10/2023, e dados pluviométricos



Fonte: Lucena (2024)

No trabalho de campo seguinte, verificou-se um relativo avanço no processo de recuperação em virtude do aumento da vegetação (Figura 13). O índice pluviométrico aumentou significativamente no período, com 105,6 mm em 31 dias.

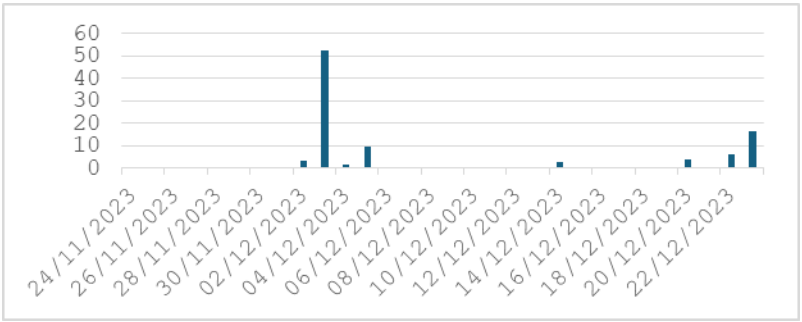
Figura 13 – Registros fotográficos no oitavo trabalho de campo, dia 23/11/2023, e dados pluviométricos



Fonte: Lucena (2024)

No nono trabalho de campo, foi possível observar um tímido avanço, mesmo com a diminuição no índice pluviométrico, que foi de 99 mm em 30 dias (Figura 14). A explicação é em decorrência do aumento e permanência da umidade no terreno.

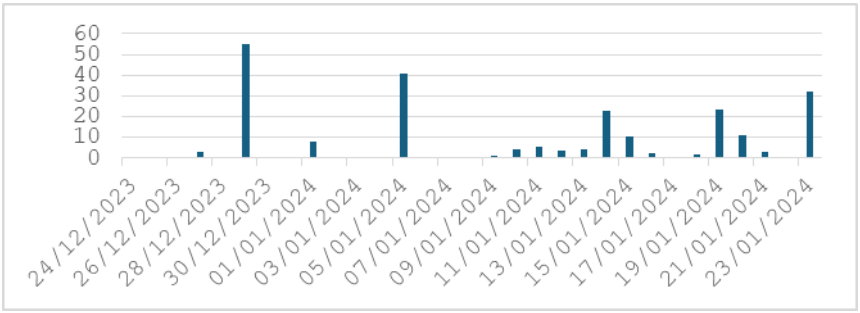
Figura 14 – Registros fotográficos no nono trabalho de campo, dia 23/12/2023, e dados pluviométricos



Fonte: Lucena (2024)

O trabalho de campo seguinte mostrou um avanço expressivo no processo de recuperação. Foi possível observar o aumento e expansão da vegetação em virtude do aumento significativo do índice pluviométrico, que foi de 233,6 mm em 31 dias (Figura 15).

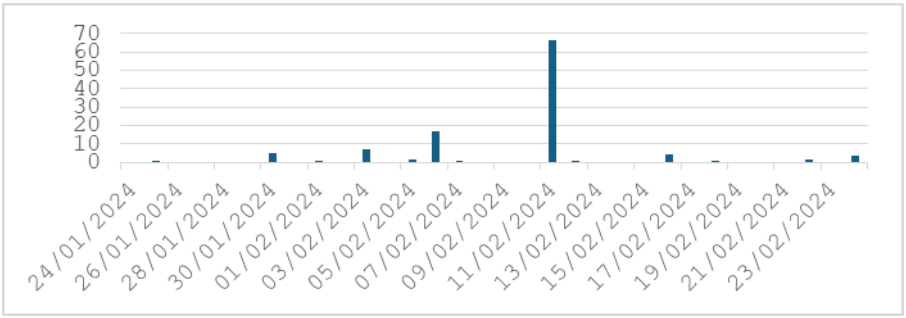
Figura 15 – Registros fotográficos no décimo trabalho de campo, dia 23/01/2024, e dados pluviométricos



Fonte: Lucena (2024)

No penúltimo trabalho de campo, o índice pluviométrico caiu pela metade (110,2 mm em 32 dias), motivo pelo qual se verifica uma redução da vegetação e, consequentemente, retrocesso no processo de recuperação (Figura 16). Outra possibilidade é o pastoreio do gado.

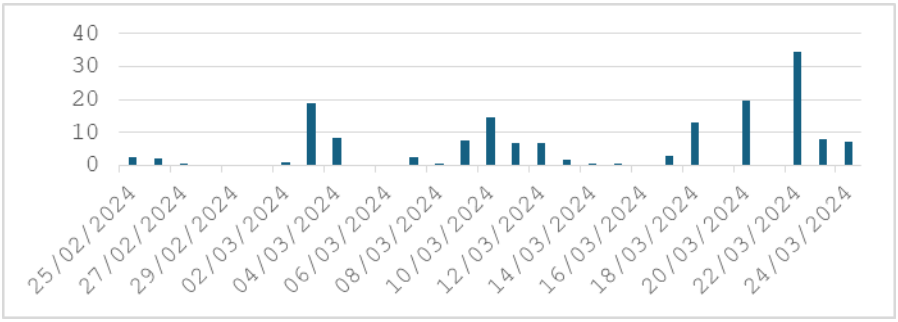
Figura 16 – Registros fotográficos no penúltimo trabalho de campo, dia 24/02/024, e dados pluviométricos



Fonte: Lucena (2024)

No último trabalho de campo, percebeu-se que pouca coisa se alterou em relação ao período anterior, mesmo com o aumento acumulado das chuvas (159,4 mm em 30 dias) (Figura 17).

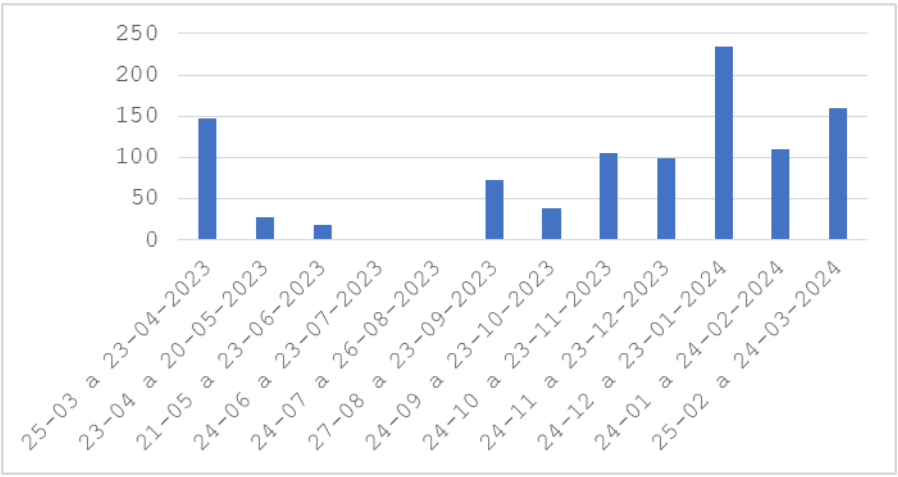
Figura 17 – Registros fotográficos no último trabalho de campo, dia 24/03/2024, e dados pluviométricos



Fonte: Lucena (2024)

Por fim, a Figura 18 ilustra a distribuição dos totais acumulados no período do trabalho. Verifica-se que o total acumulado está dentro da média para a região de Rondonópolis. Também é possível observar uma boa distribuição das chuvas, com concentração maior no verão.

Figura 18 – Total pluviométrico acumulado nos intervalos entre os trabalhos de campo



Fonte: Lucena (2024)

Diante do observado, avalia-se que, somente levando-se em consideração as chuvas (acumulada e distribuição), esperava-se um processo de recuperação melhor, com maior exuberância da vegetação, fato que não ocorreu.

Apontamos três elementos centrais que explicam uma eficácia abaixo do esperado. Um deles foram os sacos de ráfia com terra. Com a exposição ao sol, chuvas e gado, degradaram-se facilmente. Assim, torna-se necessário experimentar outros materiais. Outro elemento é o pisoteio do gado. Mesmo com o cercamento das paliçadas, eles seguiram pastando nas proximidades e comendo a vegetação que crescia como resultado do processo de recuperação. Este fato é avaliado como um dos responsáveis centrais, em alguns pontos da feição erosiva linear maior, pelo seu alargamento. O último aspecto refere-se ao número de paliçadas instaladas em face do tamanho da área e das características da vertente. Por se tratar de uma vertente retilínea ampla e de comprimento relativamente extenso, condicionando a direção do escoamento superficial em lençol, três paliçadas foram insuficientes.

Considerações finais

Sobre a gênese e transformação da área de estudo, percebemos que, em relação ao uso de imagens orbitais pretéritas, elas são boas ferramentas de apoio, pois deixam registradas alterações ocorridas. Contudo, desacompanhadas de um conhecimento mais profundo da história da área e de outros experimentos e análises laboratoriais complementares, aconselha-se evitar conclusões de causa e efeito diretos, mesmo auxiliados por dados pluviométricos.

Acerca da recuperação, a área de estudo foi acompanhada durante 12 meses, e foram feitos registros fotográficos a cada visita, que também tiveram os dados pluviométricos como auxiliares. Através deles, observou-se uma boa distribuição de chuva na área de estudo, porém não foi o suficiente para uma boa regeneração da vegetação na área.

Em relação à eficácia da técnica, foi possível constatar, através das fotos e dados pluviométricos, que, nos períodos em que houve uma quantidade de chuva maior, ficou evidente uma pequena quantidade de deposição de sedimentos e crescimento e expansão da vegetação, principalmente na terceira barreira. Contudo, concluímos que a técnica é eficaz, porém, levando-se em consideração fatores como composição material dos sacos de ráfia, presença de gado e características morfológicas propriedade, não foi possível obter resultados mais positivos quanto a uma melhor recuperação das ravinas.

Referências

BALDASSARINI, J. S. **Recuperação de áreas degradadas por erosão hídrica em propriedades produtoras de café nos municípios de Getulina e Vera Cruz – SP**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013. 1 CD-ROM.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos em encostas. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 149-209.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia do Brasil**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 181-227.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

LUCENA, M. A. S. **Recuperação de área degradada por processo erosivo linear localizado no sítio São Pedro, Cascata, Rondonópolis-MT**. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade Federal de Rondonópolis, Rondonópolis, 2024.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento. **Atlas de Mato Grosso**: abordagem socioeconômico-ecológica. Organização de L. Camargo. Cuiabá: Entrelinhas, 2011.

NUNES, J. O. R. **Práxis geográfica e suas conjunções**. 2014. Tese (Livre-Docência) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.

NUNES, J. O. R. *et al.* Estabilização de erosão hídrica em antropossolos com técnicas de bioengenharia na área de proteção ambiental de uso sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 24, n. 00, p. 1-24, 2023. DOI 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2325.

SANTANA, A. D.; NUNES, J. O. R. Práticas conservacionistas e recuperação de área degradada por voçoroca em uma propriedade rural, no município de Regente Feijó (SP). **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 40, p. 169-189, 2021. DOI 10.5216/revgeoamb.i40.69189. Disponível em: https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/69189. Acesso em: 27 mar. 2024.

SANTOS, R. B. **Recuperação de área degradada por processo erosivo linear no município de Juscimeira-MT**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis, Rondonópolis, 2019.

SILVA, E. C. N. *et al.* Entre chuvas e secas: a produção de terrenos tecnogênicos em Rondonópolis (MT). *In*: AMORIM, M. C. T.; NUNES, J. O. R. (org.). **Dinâmicas naturais e humanas nos ambientes urbanos**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2022. p. 185-214.

SILVA, E. C. N.; SANTOS, C. A M. Estrutura superficial e fisiologia da paisagem: abordagens dos terrenos tecnogênicos no córrego da Piscina, em Rondonópolis-MT. **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba, v. 12, n. 1, p. 187-208, 2021. DOI 10.14393/BGJ-v12n1-a2021-64368. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/64368. Acesso em: 1 abr. 2024.

SOBREVOO DE DRONE E GEOTECNOLOGIAS: TÉCNICAS DE REPRESENTAÇÃO E ANÁLISE DA PAISAGEM

Charlei Aparecido da Silva
Rafael Brugnolli Medeiros

Introdução: paisagem, o conceito concebido, e a paisagem analisada

> *Em uma de suas inesquecíveis tiradas, Orlando Valverde insistia em que o geógrafo deveria "evitar o olhar "bovino" sobre a paisagem", isto é, um olhar que não interroga, que não desconfia das aparências. (Souza, 2017, p. 19)*

Quando pensamos o conceito de Paisagem e suas aplicações no âmbito da Geografia ou nas ciências correlatas, tem-se uma gama de significados e formas de análise; de fato, seu aspecto teórico conceitual é multifacetado e tem sido historicamente construído e mesmo utilizado. A ideia de Paisagem na Geografia no século XXI difere muito daquela praticada no fim do século XIX e mesmo no início do XX. Ao mesmo tempo, não podemos negar que o conceito e sua transmutação trazem consigo elementos do tempo social no qual está envolto; para além disso, há uma polissemia que permeia sua evolução conceitual, e, em grande medida, o conceito não é a paisagem observada em si (Suertegaray, 2022).

Nesse sentido, mesmo que de forma breve e sintética, convidamos de forma ousada a pensar sob duas maneiras, a Paisagem sob o ponto de vista teórico-conceitual, como uma escala analítica da Geografia, e a paisagem como aquela observada, analisada, estudada; como um objeto de estudo em si, a qual carrega e é materialmente a instituição de realidades, as quais são instituídas a partir de uma intrínseca relação de elementos bióticos/abióticos, sociais, culturais e econômicos. Essa nuança está nas formas de conceber *Paisagem* e seu homônimo, *paisagem*, aqui propositalmente escritas de forma maiúscula e minúscula, a depender de sua aplicação no texto, no decorrer da discussão.

Dessa forma, aqui concebemos Paisagem, o conceito, a escala analítica, como algo abstrato que consegue carregar em si subjetividades e

aspectos temporais e atemporais que são (des)conhecidos, os quais se articulam de forma escalar como outras categorias da Geografia, que tem profundo significado com a própria evolução dessa ciência, cujos aspectos conceituais e históricos estão presentes e são discutidos por Alves, Cunico e Souza (2019); Conti (2014); Corrêa e Rosendahl (2004a; 2004b); Costa e Seabra (2019); Eichenberg (2020); Gomes (2017); Puntel (2012); Schier (2003); e Vitte (2007).

Por sua vez, tratamos paisagem como um objeto de estudo em si, de análise particular e concreta, pela qual se pode registrar e espacializar, isso segundo objetivos previamente definidos e por meio das mais diversas técnicas. Essa paisagem tem e carrega consigo pragmatismo e signos que, em razão do tempo (natural e social), lhe dão forma e significado, por muitas vezes sofrem rápidas transformações. É constituída por características naturais e sociais que se inter-relacionam e mantêm processos de dependência entre si, estes isolados apenas em função da escala e de aspectos de ordem prática, que, a partir do olhar de seu observador, revela as nuanças de sua própria geografia, cujas origens e cujos fundamentos estão em obras como Ab´Saber (2006, 2007); Bertrand (2004); Maio (1987); Romariz (1996); Suertegaray (2018, 2022); Wulf (2015).

À leitora, ao leitor, deixamos neste momento, portanto, uma nota explicativa. A ideia, o objetivo deste capítulo, é a proposição de um diálogo no qual o registro e as possibilidades de espacialização da paisagem se dão por meio da inclusão de novas técnicas, as quais permitem ampliar o olhar do observador e mesmo transgredir certos limites impostos pela escala de observação. É apresentar possibilidades de mesclar técnicas cartográficas, de geotecnologias, de fotografia, de observação de campo, com intuito de subsidiar propostas de análise cujo escopo reside em compreender o propósito sociedade-natureza, dando ênfase às suas relações marcadas por ligações enclíticas e mesoclíticas, aqui representadas pelo hífen que une de forma indissociável as palavras “sociedade” e “natureza” e amplamente utilizadas na Geografia.

Como destacam Soares *et al.* (2022, p. 238),

> A espacialidade e a temporalidade da paisagem surgem assim como elementos centrais para sua compreensão. Nessa perspectiva, diferentes Cartografias se apresentam como possibilidades de representação espacial, as quais são pautadas por diferentes formas de discretização, segmentação

> e estratificação do espaço. A paisagem, assim, pode ter diferentes representações sob o ponto de vista cartográfico, mas não podemos perder de vista elementos centrais, como sua espacialidade e seu significado para o observador.

Portanto, adotando a ideia de Humboldt e Berg, a paisagem passa a ser de certa forma o espaço capturado pelo olhar do observador no tempo no qual ele está inserido, cabendo a esse observador percebê-la à sua maneira e diante de suas experiências. Acrescentamos a essa ideia, o momento histórico no qual o observador está inserido e as técnicas de que dispõe no processo de observação e mesmo a captura das imagens utilizadas na representação da paisagem. Há, assim, necessidade de se compreender o caráter subjetivo e a intencionalidade por trás do registro e mesmo entendimento da paisagem, primeiro sob a ótica do observador, para depois serem possíveis outras interpretações (Brugnolli *et al.*, 2022). Se por um lado Paisagem permite a compreensão sob o ponto de vista do pensar, paisagem nos dá a materialização das realidades no tempo presente, este instituído a partir de uma intrínseca relação de elementos bióticos/abióticos, sociais, culturais e econômicos, a representação objetiva das relações sociedade-natureza.

Há que se considerar que a ambiguidade e a subjetividade andam juntas e não podem ser fracionadas, divididas no momento do registro da paisagem, no qual, na fração do tempo, faz surgir o binômio sujeito/observador-objeto, aquilo que costumeiramente denominamos de **olhar à paisagem,** segundo aquilo que Claval (2004, p. 25-26) denominou de "O olhar do geógrafo":

> Frente à paisagem, o geógrafo é ativo. É nesta condição que evita as simplificações do olhar vertical... Quando exploramos um objeto geográfico sob todos os seus ângulos é que tomamos consciência de sua extensão e podemos, a partir de visões horizontais ou obliquas, imaginar o que forneceria uma visão vertical.

O olhar, o foco, deve ser, portanto, a compreensão da totalidade na qual a ideia dos processos de inter-relação e interdependência, presentes no tempo sociedade-natureza, se materializaram quando da análise. Esse é um esforço necessário, um exercício nem sempre fácil, mas é por demais instigante.

Adotar a paisagem sob o prisma sistêmico, integrativo, pautado nas relações visíveis e invisíveis nos parece, assim, fundamental para compreender como sua estrutura, seu funcionamento, dinâmica e evolução são próprios e

diferem a partir dos elementos que a compõem, incluindo impreterivelmente o tempo social, que a modifica em diversos níveis. Aqui a questão tempo, o acúmulo do tempo sobre a paisagem, seja ele da sociedade e/ou da natureza, nos parece essencial. O estudo da paisagem no século XXI, sua compreensão, exige ter clareza de que ela carrega em si tempos sociais e da natureza, naquilo que Verdum (2012, 2015) denomina como Forma-Estrutura-Função. Vemos, portanto, que a paisagem é, em grande medida, assim, o acúmulo dos tempos da natureza e da sociedade de forma síncrona, cujas sinergias positivas e negativas levam às transformações e àquilo que muitas vezes determinamos como impactos, sejam eles positivos e/ou negativos.

A partir desse prisma integrador, transversal e mesmo articulado, a paisagem passou a ser considerada, sobretudo a partir da segunda metade do século XX na Geografia, como um geossistema, isto é, um conjunto complexo e aberto que se origina e evolui na interface natureza-sociedade, composta por elementos naturais e sociais, constituindo uma associação de elementos e fenômenos em constante e complementar interação, movimento e troca de energia e matéria (processos) (Mateo Rodríguez, 2011; Monteiro, 2001; Salinas Chávez, 1991; Sochava, 1978; Suertegaray 2022, 2018).

A paisagem, deste modo, é o resultado de processos, e, a partir do modo de representação, sua escala e forma de análise faz com que ela não seja estudada e/ou representada e/ou compreendida do ponto de vista estático, ausente de dinâmicas naturais e/ou sociais. Essa representação visual e/ou espacial, seja na Cartografia, em fotografias, croquis, bloco-diagramas e tantas outras formas de representação espacial, deve superar, portanto, a ideia do estático, de um tempo que não é acumulativo. Deve incluir a ideia do pretérito perfeito, condição fundamental para entender a paisagem, sua complexidade cada vez maior, essencialmente em um mundo cujas transformações se dão cada vez mais rápido e de forma bastante intensa e em todos os lugares.

É fato que a Geografia sempre se mostrou atrelada ao uso da imagem para análise da paisagem; nesse sentido, a fotografia sempre foi uma técnica recorrente e utilizada pelos geógrafos, mas, nesta segunda década do século XXI, o acesso a novos equipamentos e tecnologias tem ampliado a ideia de *olhar à paisagem*. O uso de drones, de Veículos Aéreos Não Tripulados (Vants), atrelados a geotecnologias, tecnologias de informação e dispositivos móveis, tem alcançado sucesso no desenvolvimento de técnicas inovadoras, essencialmente na coleta de dados de alta precisão e na redução de custos de

campo. Esses equipamentos, drones, têm se demonstrado uma das melhores formas de captar imagens a fim de representar e entender a paisagem, isso por transcenderem a visão horizontal do olhar do observador e ampliarem as possibilidades da escala de análise sob diversas formas.

A profusão de formas e técnicas de manuseio dos drones têm nos permitido avançar na análise integrada, sistêmica, ortogonal e oblíqua da paisagem. As técnicas de representação espacial apresentadas neste capítulo têm como objetivo discutir e demonstrar o uso do drone na captação de imagens em campo, obedecendo a critérios que visam olhar, fotografar e filmar paisagens sob múltiplos ângulos e distâncias, bem como elaborar materiais que auxiliem na escolha do frame mais adequado, a fim possibilitar uma análise das dinâmicas geomorfológicas, pedológicas, hidrológicas e uso e ocupação das terras da paisagem.

Há a necessidade de lembrarmos que a análise da paisagem requer um refinamento no processo de averiguar e de compreender, em diversos níveis, a inter-relação e a interdependência dos elementos e dos fatores que a formam. Discutir técnicas, critérios, respeitando os objetivos e interesses, premissas e também limitações, sempre existentes, parece adequado e pertinente para avançarmos nos estudos da paisagem na Geografia e em outras ciências que venham a ter na análise espacial o foco.

Este capítulo, assim, busca justamente entender a paisagem e como o uso dos drones e, consequentemente, da fotografia, do vídeo, da captação de imagens podem ser úteis no processo de análise, de modo a compreendê-la diante das escalas espaciais e a propiciar padrões/regras, segundo objetivos e formas de representação, atrelando técnicas de campo, de gabinete, de Cartografia, tendo as geotecnologias como um instrumental.

Imagens na geografia: uma relação profunda e multifacetada na análise da paisagem

A ideia de ter imagens como elementos da representação de signos geográficos acompanha a sociedade e seu próprio desenvolvimento. Precisamos ter consciência de que as imagens que usamos na Geografia se constituem em uma forma de linguagem (Cazetta, 2009) que foi, e mesmo está sendo, aprimorada naquilo que se refere a comunicação e alicerce para interpretação de mundo. A história da humanidade e sua geografia está representada na forma histórica-socioespacial em pinturas rupestres, aquarelas, fotografias

e, mais recentemente, nas imagens de satélites. A Pedra de Ga-Sur (Castro, 2012), um pequeno artefato de argila datado de 2400-2000 a.C., descoberto na década de 1930, se configura como o mais antigo registro espacial, um mapa de fato, elaborado a fim de registrar e dar significado social à paisagem.

Ao analisar a Pedra de Ga-Sur, é possível identificar que estão representados de modo esquemático acidentes geográficos de grande significado social; há um grande curso fluvial cercado de relevos montanhosos e observa-se a presença de elementos pictóricos representando ocupações humanas. Olhar esse pequeno artefato argiloso e frágil no século XXI, discuti-lo neste momento, pode causar um estranhamento, mas a ideia é dialogar sobre a importância do registro e seu significado social, havendo clareza da técnica disponível e conhecida pela sociedade que a cunhou naquele momento histórico.

No exercício do pensar, podemos aplicar o mesmo raciocínio quando pensamos na fotografia, esta compreendida como uma técnica de captar imagens que desempenha um papel essencial na Geografia desde seu surgimento. O primeiro registro fotográfico conhecido e reconhecido ocorreu em 1826, realizado por Joseph Nicéphore Niepce (Silva, 2023), na cidade de Saint-Loup-de-Varennes, França. O registro efetuado por Niepce, que está próximo de completar dois séculos, a invenção, a técnica utilizada para o registro da imagem, é o olhar do indivíduo sobre o mundo, o seu lugar no seu tempo-histórico-social. Autores como Hollman (2022); Steinke, Reis Junior e Costa (2014); e Thomaz (2012) se dedicaram a discutir e apresentar a importante relação percebida entre a fotografia e a Geografia, essencialmente na compreensão dos signos geográficos.

Ao longo do tempo, várias inovações têm ampliado significativamente o uso da fotografia, ampliando, assim, o papel da linguagem imagética sobre nosso entendimento do e sobre o mundo. Um marco importante foi a produção das primeiras câmeras pessoais em 1888 pela empresa Eastman, fabricante da Kodak (Barone Reis e Silva, 2020). Na primeira década do século XXI, a inclusão de câmeras compactas em smartphones revolucionou ainda mais a maneira como capturamos imagens. Isso possibilitou a massificação da tomada de fotografias, incluindo aquelas relacionadas às paisagens, em grande medida porque os equipamentos se tornaram mais acessíveis sob o ponto de vista econômico e socialmente aceitos e desejados. Essa democratização da fotografia teve, assim, um impacto em diversos campos científicos, ampliando seu uso em áreas como Geologia, Biologia, Ecologia e Geografia.

No que diz respeito ao registro das imagens aéreas, isso não é algo novo, nem na Geografia, nem em outras áreas do conhecimento. Mesmo que nos primórdios tenha ocorrido uma mescla de ciência e artes, imagens suborbitais são usadas desde a antiguidade, o uso em balões que propiciavam uma visão mais ampla da paisagem marca uma grande conquista na mudança do olhar geográficos e na mudança da perspectiva da escala de análise.

Neste momento, não podemos nos esquecer de citar e dar importância a duas obras geográficas que consideramos essenciais no que se refere ao uso da fotografia como recurso técnico nos estudos das paisagens do Brasil; são elas: *Aspectos da vegetação do Brasil*, de Dora de Amarante Romariz, e *Geomorfologia do Brasil*, de Celeste Rodrigues Maio, ambas publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o IBGE, respectivamente nos anos de 1974 e 1973, as primeiras edições. Em razão do pioneirismo presente nas duas obras, nas quais a imagem, a fotografia, é um elemento protagonista no processo de análise, e mesmo por apresentarem paisagens do Brasil, muitas delas até então desconhecidas, reproduziremos dois fragmentos dessas obras.

Figura 1 – Lagoas salinas do Pantanal de Mato Grosso do Sul

COMPLEXO DO PANTANAL 49

Por esta fotografia poder-se-á ter uma idéia de como se entrosam os diferentes elementos da paisagem nesta parte ocidental da baixada pantaneira.

As formações arbóreas assinalam as partes mais elevadas. Na periferia de algumas, como se pode ver à direita da fotografia, os carandazais assinalam a faixa de transição para áreas mais úmidas, ocupadas pelas gramíneas, que contornam as "baías".

Recebem essa denominação de "baías" as lagoas existentes no Pantanal, várias das quais aparecem nesta fotografia. Algumas são permanentes, outras chegam quase a desaparecer no período das secas. Estas últimas recebem, então, o nome de "barreiros". Por ocasião das inundações muitas delas extravasam, chegando mesmo a se interligarem, por meio de canais. Se estes permanecem depois de baixarem as águas são os "corixos", mas os que só existem no período das águas altas são chamados "vazantes".

É interessante assinalar como a influência dos diferentes períodos de inundação se manifesta não só na vida como, também, no vocabulário regional.

Em torno dessas "baías" é que se concentra uma grande parte da fauna do Pantanal, pelas boas condições de sobrevivência que aí encontra: relva sempre fresca e água.

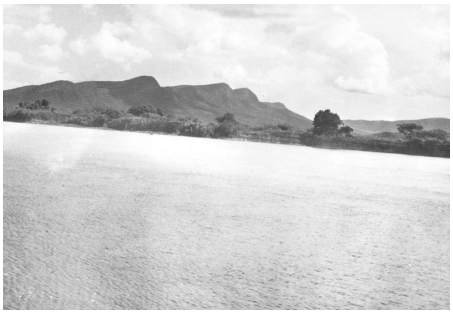
Algumas dessas lagoas, de pouca profundidade e vertentes suaves, são salgadas e, quando as águas baixam, a evaporação faz com que se depositem em sua periferia camadas de sal, fenômeno esse claramente visível na grande lagoa central.

Da presença dessas lagoas, a pecuária, principal atividade humana da região, também se beneficia, pois o gado aí encontra o sal necessário à sua alimentação.

LOCALIZAÇÃO – Município de Corumbá (MS)
FOTO – IBGE, nº 734 (I. Faludi)

Fonte: Romariz (1996)

Figura 2 – As morrarias do Maciço do Urucum na sua relação com o Rio Paraguai



3.5 - Frente dissecada de bloco falhado

Município de Corumbá
Estado de Mato Grosso do Sul

O maciço do Urucum, ou **serra** do Albuquerque, é um conjunto de elevações de gênese diastrófica, composto por vários testemunhos. São blocos fraturados, falhados e remodelados pelo intemperismo.

A altitude máxima é atingida pelo Morro do Urucum, a 1.100 metros. Suas escarpas são marcadas por falhamentos que se associam ao sistema regional de fraturas.

Para alguns autores, o maciço é uma frente dissecada de bloco falhado cujos vales paralelos encontram-se, alguns, suspensos.

60

Com. C.R.M.
Foto n.º 061 — IBGE

Fonte: Maio (1987)

Os registros fotográficos, as Figuras 1 e 2, se caracterizam com imagens icônicas das paisagens que formam o Pantanal na sua relação com o Rio Paraguai, os períodos de cheia e os maciços que insistem em se fazer presentes. A primeira imagem, a Figura 1, marca uma paisagem vinculada ao Pantanal da Nhecolândia, localizado no sudoeste da planície; nela a biodiversidade é rica e se vincula à presença das salinas, que abrigam milhares de espécies de aves, mamíferos, répteis e peixes, entre muitas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. A paisagem do Pantanal da Nhecolândia é única e marcante, planícies alagadas durante a estação chuvosa se estendem aos espelhos d'água das salinas com vegetação aquática que adicionam cor e textura à paisagem. As cordilheiras (pequenas elevações entre as salinas) são dotadas de uma vegetação de cerrado típico e matas ciliares que dão diversidade à paisagem. Ir a áreas como essa, seja para pesquisa ou turismo, é uma experiência autêntica, verdadeiramente memorável e única na paisagem pantaneira.

A Figura 2 se destaca na paisagem por seu contraste, é o Maciço do Urucum, imponente em plena planície pantaneira. Em meio a essa extensa planície, tem-se um maciço rochoso que proporciona uma ruptura na monotonia da paisagem da planície. As áreas alagadas dão lugar a rochas ferruginosas que se elevam verticalmente no solo, algumas alcançando até acima de 1.000 metros de altitude, e oferecem uma paisagem hete-

rogênea que representa muito mais do que um contraste paisagístico; na escala de detalhe, a diversidade da paisagem se apresenta. Sua presença representa os aspectos econômico (das concreções ferruginosas, calcário e alumínio), físico (do aspecto visual, ecologia e geo/biodiversidade), cultural (na identidade local e regional, ajudando a fortalecer o senso de pertencimento e orgulho em relação à sua terra e história) e social (fonte de renda para a população, turismo local e preservação da identidade). Portanto, compreender e equilibrar esses aspectos é essencial para garantir a proteção e mesmo o uso sustentável desses dessas paisagens que abrigam ecossistemas únicos.

É preciso entender, e não há como negar, portanto, que a fotografia, e mesmo a captura de imagens na forma de vídeos, se constitui em poderosa ferramenta para documentar, permitir análises e comunicar aspectos diversos do mundo físico (natural) e humano (social). As obras de Dora de Amarante Romariz e de Celeste Rodrigues Maio se configuram como essenciais no uso da fotografia no registro de paisagens brasileiras, mas, mais que isso, são na verdade registros históricos de um Brasil e de paisagens que foram essencialmente alteradas nos últimos 50 anos.

Dessa forma, a captura de imagens tem propiciado à Geografia não só o registro das relações sociedade-natureza, mas também o esboço de um mundo natural e social, dinâmico e em constante transformação. Essa interseção entre fotografia e Geografia continua a evoluir com o avanço da tecnologia e das técnicas de captura de imagens, enriquecendo o entendimento sobre a superfície terrestre e das complexidades de sua paisagem (Silva, 2024).

O que muda neste momento histórico, no qual a captura de imagens passou a ser um elemento inserido de forma social e presente no cotidiano? Pensamos que na Geografia a imagem passou a ser considerada uma linguagem, e é tão importante quanto outras consagradas, como a espacial, a matemática e/ou textual. É nesse ponto que se entende a paisagem para além da construção visual, calcada na linha do horizonte, na autonomia posta na captação das imagens e na flexibilização na determinação das escalas verticais e horizontais; e aí residem as grandes contribuições advindas do uso de drones.

Não de menor importância, consideramos que a captação de imagens por meio de drones difere muito daquilo que convencionalmente

chamamos de fotografias aéreas, técnica muito difundida, de grande importância para os avanços dos estudos da paisagem no século XX. As fotografias aéreas por si só oferecem um nível escalar que se sobrepõe à visão horizontal limitada, o raio de visão, e, assim, restringem-se à análise da paisagem de forma integrativa e ampla. Somam-se os custos excessivos na captura das imagens e o fato de o observador, aquele que captura as imagens, não ser o pesquisador em si, esse não é o agente principal na captação do dado primário. Essa mudança de paradigma não pode ser desprezada.

Mudanças ambientais, padrões climáticos, biodiversidade, as imagens fotográficas ajudam na representação e na análise, permitindo que os indivíduos compartilhem suas descobertas e observações de maneira visualmente impactante. Segundo Ruiz-Gómez (2012), foram nas obras de Paul Vidal de La Blache, Friedrich Ratzel, Emmanuel de Martonne, Albert Demangeon e Arthur Newell Strahler, renomados geógrafos, que, ainda no fim do século XIX e primeira metade do século XX, foi reconhecido o verdadeiro potencial das imagens fotográficas como uma ferramenta indispensável no campo. Por meio da inclusão de fotografias, houve um enriquecimento de suas análises geográficas, tornando-as visualmente acessíveis. Esse uso eficaz que a fotografia traz elevou-a ao status de componente essencial na expressão cultural da sociedade e na representação do conhecimento geográfico.

No século XX, seu uso em aviões foi um grande destaque em empresas de topografia e mesmo no IBGE, com suas cartas topográficas. O uso dos drones veio ampliar sua importância e angariar facilidades para analisar a paisagem sob a perspectiva ortogonal.

É óbvio, diante disso, que a Ciência evolui com a inclusão de novas tecnologias; equipamentos que anteriormente eram associados a meras representações fotográficas ganharam novos contornos e linhas inovadoras no século XXI; os ganhos científicos que as fotografias aéreas trouxeram para a Ciência, e a Geografia em particular, permitiram a um expressivo custo-benefício, subsidiar análises, coleta de dados, leitura qualitativa da superfície terrestre e da paisagem como um todo. A capacidade de tirar várias fotos/vídeos de forma rápida e fácil transformou a maneira como usamos e percebemos a fotografia.

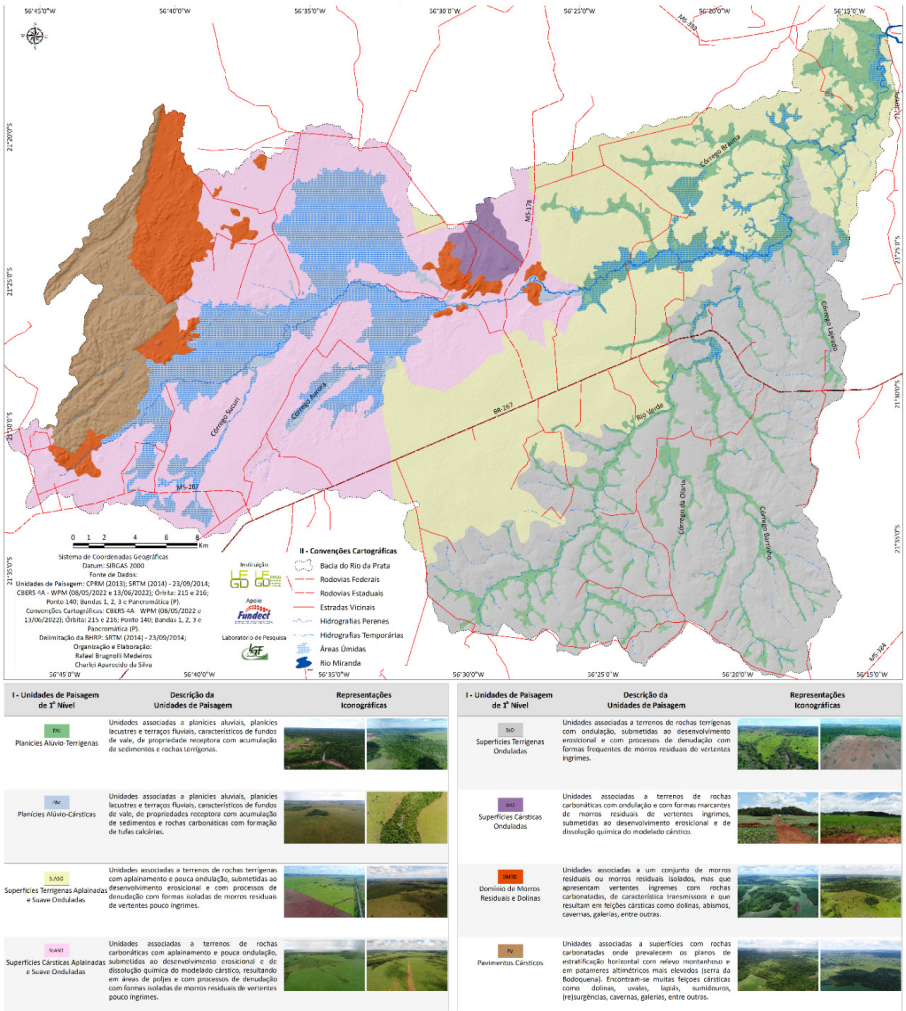
Observações da paisagem: ferramentas e as representações no século XXI

Atualmente, a ênfase no aspecto visual tem sido amplificada pelos avanços tecnológicos, particularmente na era digital em que estamos imersos, desde o fim do século XX. Com a ascensão da geoinformação, essa conjuntura tecnológica trouxe consigo uma série de desafios que, ao longo do tempo, foram transformados em oportunidades para representar e compreender as paisagens de maneiras cada vez mais precisas e abrangentes.

Quando nos deparamos com a tarefa de representar cartograficamente fenômenos, especialmente aqueles processos naturais e sociais que ocorrem na superfície terrestre, é natural recorrer ao mapa como o primeiro instrumento de escolha. No entanto, é importante reconhecer que cada uma das principais formas de representação possui a capacidade única de revelar e enfatizar aspectos específicos das paisagens. Cada abordagem demanda um conhecimento detalhado da área em questão ou das características de interesse, levando em consideração fatores como escala, extensão, complexidade e a interpretação atribuída a cada produto resultante, entre outros aspectos.

Não se exime o mapa e a cartografia do lugar de destaque na representação, mas as fotografias podem ser tão importantes quanto. E mesmo podem ser colocados como auxiliares e complementares uns dos outros; um mapa pode representar elementos cartográficos que, em conjunto com fotografias de drone, poderão nos dar figuras sínteses que contribuirão na análise e diagnóstico da paisagem (Figura 3).

Figura 3 – Relação da cartografia com fotografias aéreas

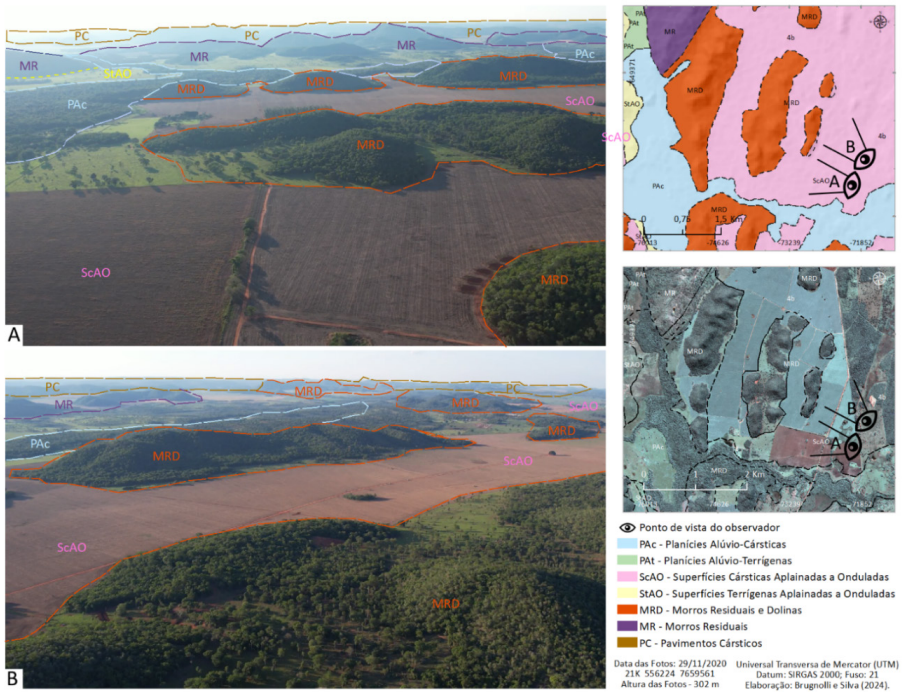


Fonte: os autores

Sob essa perspectiva, integrando-se aos conhecimentos contextuais da paisagem em questão, a representação fotográfica emerge como uma ferramenta fundamental para capturar os aspectos visuais desses ambientes. Sob a ótica do fotógrafo, tais representações têm o poder de evocar diversas reações nos observadores, além de destacar os elementos essenciais para a sua singularidade.

As fotografias aéreas, tradicionalmente capturadas de balões e aeronaves desde o fim do século XIX, e mais tarde, após a Segunda Guerra Mundial, têm sido os principais produtos resultantes do sensoriamento remoto. Os avanços na área da Geoinformação têm impulsionado significativamente o aprimoramento dessas técnicas de representação das paisagens. Desde a digitalização das imagens aéreas até o desenvolvimento contínuo dos sensores orbitais e aerotransportados, passando pela versatilidade dos Veículos Aéreos Não Tripulados (Vants), temos presenciado uma evolução notável. Além disso, o desenvolvimento de técnicas inovadoras tem contribuído diretamente para o estudo e a compreensão aprofundada das paisagens (Figura 4).

Figura 4 – Fotografia aérea como forma de representar a paisagem e analisá-la de maneira integrativa



Fonte: os autores

Destaca-se que tanto as imagens de satélite quanto as imagens aéreas, especialmente aquelas capturadas por drones, desempenham um

papel fundamental na compreensão das paisagens, particularmente em áreas extensas ou de difícil acesso, servindo como alicerce para estudos e análises mais aprofundados. A fotogrametria ou a aerofotogrametria têm sido acompanhadas pelo desenvolvimento de equipamentos mais versáteis, menos onerosos, cada mais robustos e com uma gama maior de aplicações e atualizações. De fato, o avanço científico que incide sobre os drones trouxe consigo novas possibilidades de representar a paisagem e entendê-la sob a ótica sistêmica.

Nesse contexto, a escala passa a ser um elemento central para garantir precisão e relevância dos dados coletados. A altura do sobrevoo, a identificação da linha do horizonte, o ângulo de visada, todos são elementos que afetam diretamente a resolução espacial das imagens capturadas. Lembrando que, quanto maior a escala, ou seja, quanto mais próximo o drone estiver do objeto ou da área de interesse, maior será a resolução da imagem. Isso significa que detalhes mais "finos" podem ser identificados e analisados com maior precisão.

Um afloramento rochoso é visto a partir de voos baixos, de até 50 metros; para identificação de vegetação, dossel vegetativo, será preciso identificar a proporção dos elementos do mapa, mas em geral voos de 100 metros atuarão bem nesta análise; já para avaliar o conjunto e ter a noção desse conjunto, voos acima de 100 metros parecem suficientes, dependendo do relevo que está sendo avaliado, pois, se há uma alta rugosidade, morros, morrotes, colinas dissecadas, é preciso elevar-se de 300 até 500 metros para que possam ser visualizados elementos que contribuirão para uma análise precisa, além do grau de inclinação da câmera — quanto mais próxima a 90° (vertical), menor será a visão de conjunto. Contudo, a imagem ganhará em resolução. Todos são fatores que dependem do objetivo da análise e do mapeamento.

Outro aspecto é que a escala também impacta a eficiência do voo do drone e a cobertura da área de interesse. É que, em escalas maiores, o drone precisará cobrir uma área menor para capturar detalhes suficientes, enquanto em escalas menores a área a ser coberta pode ser maior para garantir uma resolução adequada. Portanto, é crucial considerar cuidadosamente a escala para garantir a qualidade e a relevância das informações obtidas, além de otimizar o uso dos recursos disponíveis.

Algo que vem sendo utilizado pelo Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal da Grande Dourados é o uso de vídeos, que exibe

uma série de vantagens e oportunidades em diversos contextos, sendo versátil, eficiente e acessível a obtenção de imagens e dos frames que interessam dentro de objetivos preestabelecidos (Figura 5).

Figura 5 – Facilidades do uso do drone na análise da paisagem

Visão panorâmica: Os vídeos capturados por drones proporcionam uma visão ampla e panorâmica do ambiente, permitindo visualizar grandes áreas em um único quadro. Isso é particularmente útil para mapeamento, monitoramento de eventos, inspeções de infraestrutura e documentação de paisagens naturais.

Perspectivas dinâmicas: Os drones podem voar em alturas variadas e realizar movimentos fluidos, proporcionando perspectivas dinâmicas e imersivas. Essa capacidade é valiosa para criar vídeos que mostram um ponto de vista único, permitindo ajustar a altitude, o ângulo da câmera e a velocidade do voo para criar diferentes efeitos visuais.

Facilidade de acesso: Os drones podem alcançar áreas de difícil acesso ou perigosas, como encostas, regiões alagadas ou locais com infraestrutura danificada.

Eficiência e economia: Comparados a métodos tradicionais, os drones são mais acessíveis, eficientes e econômicos. Eles exigem menos recursos para operar e podem ser implantados com mais rapidez, o que reduz os custos associados à produção de vídeos aéreos.

Fonte: os autores

Na proposição de uma metodologia para o uso de drone, todos os elementos são fundamentais para uma a fotografia, não só os aspectos escalares, mas também a iluminação é fundamental no processo. Tirar fotografias "de frente" para sol desfoca e escurece aquilo que está em primeiro plano. Por outro lado, poderá trazer sombra em excesso e prejudicar as fotografias aéreas. Nesse contexto, as nuvens passam a ter influência sobre as fotografias, podendo tanto melhorar quanto dificultar a qualidade e a estética das imagens, pelas sombras produzidas, que impactam negativamente o foco e interrompem uma boa tirada fotográfica. Entretanto, trazem uma diminuição total da irradiação, filtrando a luz solar de diferentes maneiras, que altera as cores e tonalidades presentes na imagem. Dependendo da posição do sol e da espessura das nuvens, isso pode resultar em tons quentes e suaves ou em cores mais frias e contrastantes na fotografia aérea.

Tudo estará relacionado ao objetivo traçado quando do registro da imagem, da fotografia e/ou do vídeo, isto é, as nuvens também podem ser consideradas um elemento estético por si só, adicionando interesse visual às imagens aéreas. Diversas formações, como cumulonimbus, cirros ou cumulus, oferecem padrões complexos e cenários atmosféricos que valorizam ainda mais a imagem, agregando interesse e profundidade à cena capturada. Por isso que capturar as imagens aéreas requer planejamento, cuidado e estratégia.

No Quadro 1 é sintetizado a sugestão de um breve roteiro:

Quadro 1 – Sugestões e critérios para a utilização do drone na análise da paisagem

Critérios a serem observados	**Apontamentos, sugestões e recomendações**
O Planejamento Estratégico	Antes da decolagem e da saída a campo, o ideal é a elaboração de um plano de trabalho e plano de voo, claramente com propósitos definidos; recomendamos verificar as condições de localização da área, a distância e as condições de acesso aos pontos que serão inventariados e analisados. Averiguar as condições meteorológicas nos dias da realização do campo é essencial. O ideal é optar por voar em dias de céu claro e pouco vento, pois chuva, neblina, nuvens densas e ventos comprometerão a segurança do voo e a qualidade das imagens captadas.

Critérios a serem observados	Apontamentos, sugestões e recomendações
A Perspectiva e a Altitude	A definição dos ângulos de visão (oblíquo e/ou vertical) para captura das imagens dará a perspectiva ideal e está atrelada a objetivos e finalidade em si dos registros a serem realizados. Lembremos, a topografia e a escala de cobertura das imagens serão elementos definidores até mesmo da altura dos voos. A verificação dos elementos que se deseja registrar, sejam eles sociais ou naturais, deve aparecer na imagem como protagonista, isso ajudará em muito o processo de análise. Em caso de registros de vídeos, variar a altura e o ângulo trará vários frames que poderão ser escolhidos posteriormente, para validação e análise da paisagem estudada.
Luz e Horário dos Voos	A fim de obter melhores resultados em campo na captura de imagens, a escolha do horário atrelada à averiguação das condições meteorológicas é elemento-chave. O entardecer e o amanhecer são os horários mais interessantes para os voos, evitar o período entre 11h e 15h sempre é recomendável. O entardecer e o amanhecer sempre permitirão melhores registros, isso por conta da baixa incidência solar e iluminação natural suave, o que não altera as cores das imagens, evita sombras e realça detalhes na paisagem, também é o período melhor para manuseio do controle, isso em razão de reflexos na tela, e sobre isso recomendamos a instalação de películas específicas, próprias para o uso do equipamento em momentos e/ou áreas com grande luminosidade.
Aspectos de Segurança[16]	Os critérios de segurança se apresentam sempre como algo essencial, seja naquilo que envolve a operação do equipamento e/ou os voos realizados. A segurança de voo contempla também a estabilidade da aeronave, a verificação do equipamento e sua qualidade, e isso evita a captura de imagens tremidas e/ou desfocadas, que terão pouca serventia no processo de análise. No que tange às hélices, por exemplo, é muito importante o cumprimento das regulamentações da aviação civil brasileira, condição também que envolve o cadastro do plano de voo nos órgãos de segurança brasileiros. Manter distância de objetos, de outras aeronaves, de fios de energia e estar preparado para qualquer imprevisto durante o voo, como aves e ventos, é fundamental para o sucesso no voo.

[16] A legislação brasileira exige que os voos de VANTs, o que inclui os drones, sejam registrados previamente. O registro do equipamento e do plano de voo pode ser realizado on-line no site da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), a agência disponibiliza informações importantes e mesmo a legislação que regulamenta o uso desse tipo de equipamento no Brasil, link de acesso: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones.

Critérios a serem observados	Apontamentos, sugestões e recomendações
	Outra questão importante nessa etapa é que a verificação dos equipamentos eletrônicos, cartões de memória, baterias do celular/tablet e do drone auxiliará na manutenção de um longo e eficiente tempo de voo. Na última década foram registrados muitos avanços, mas o tempo de voo em relação à bateria ainda é um limitante; assim, recomendamos ter disponíveis no mínimo três baterias. A utilização de aplicativos compatíveis, não recomendados pelos fabricantes dos equipamentos, é um risco que deve ser evitado — sempre buscar utilizar aplicativos certificados e originais da aeronave.
Edição e Aprimoramento das Imagens	Com a captura das imagens finalizadas, é necessário reservar um tempo para revisar e editar as imagens, sejam elas fotografias e/ou vídeos. Recomenda-se o uso do software PhotoScape X, o qual é gratuito e pode ser baixado do Microsoft Store; ele permitirá ajustes nas cores e minimização dos efeitos da luz. A cada dia de campo, verifique as imagens e veja se é necessário um novo sobrevoo, por vezes a exposição ao sol, o contraste, a saturação e a nitidez não ficam conforme o desejado e serão necessários ajustes, bem como um novo voo (isto não é incomum). Atentar-se aos detalhes é fundamental, e seguir aquilo pensado no Planejamento Estratégico mantém um compromisso com a qualidade e mesmo a segurança daquilo que será utilizado ao final; isso fará com que as imagens/vídeos transmitam de forma eficaz o objetivo traçado, as imagens, assim, irão se transformar em elementos essenciais da análise e mesmo dos mapeamentos que se seguirão.

Fonte: organizado pelos autores (2024)

Observa-se, portanto, que saber representar as paisagens é um desafio, dada a profusão de objetivos e escalas de análise; entendê-la enquanto componente integrativo, dotado de relações, processos, e que o resultado é aquilo que temos atualmente, é essencial para buscar uma análise e um diagnóstico sobre suas condições atuais. Formas de representar não são novas na geografia, mas quase sempre, quando se discute paisagem, adotam-se dois elementos centrais, as fotografias e os mapas; e a essas formas propomos a inclusão de uma terceira, os perfis geoecológicos.

Hoje, diante da tecnologia imbuída na Ciência Geográfica, cada vez mais trabalhamos com formas distintas de analisar a paisagem, sempre

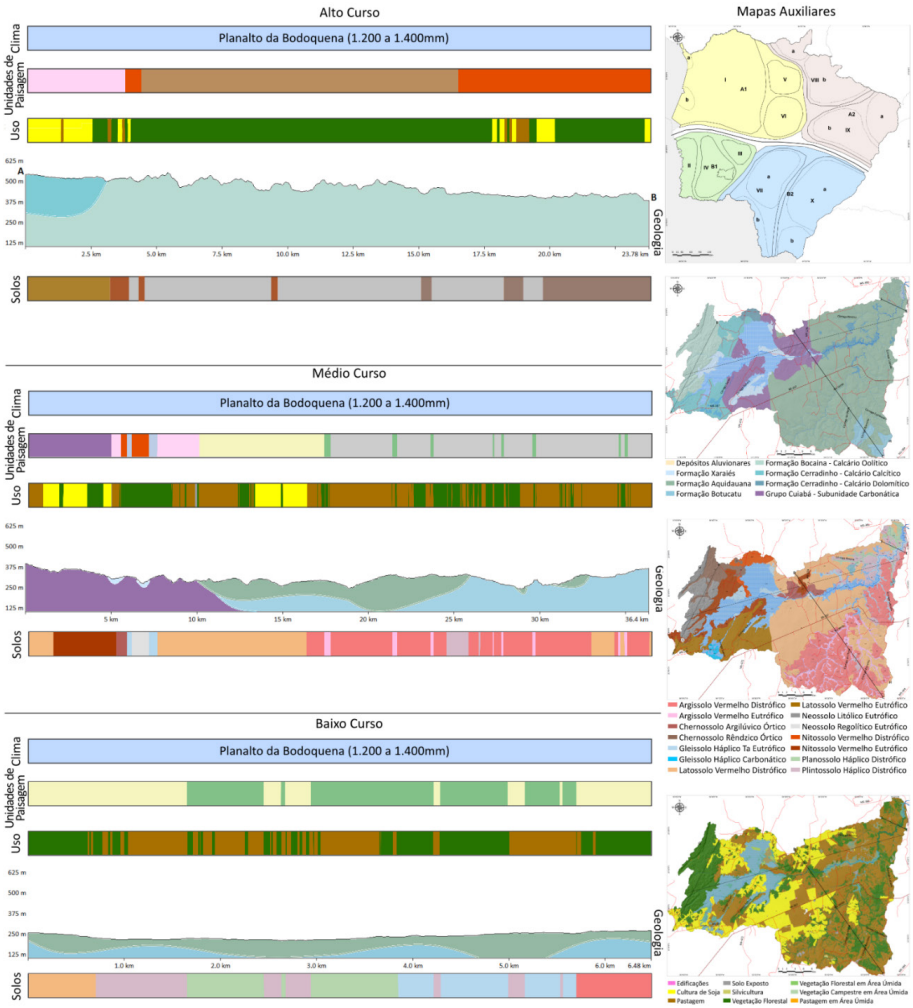
adotando escalas compatíveis com dada representação: blocos-diagramas, perfis geoecológicos, modelos tridimensionais são só algumas das representações que podem contribuir tanto quanto os mapas e as fotografias. Destes, os perfis geoecológicos têm ganhado destaque na análise da paisagem, por sua capacidade de expressar, em apenas uma figura, a escala horizontal e vertical da paisagem sob a perspectiva sistêmica e integrada (Figura 6).

Esses perfis ilustram valiosas informações sobre as características físicas, sociais, econômicas e culturais das paisagens, oferecendo dados para correlacionar os processos geológicos e sua influência sobre a vegetação e relevo, influência do clima no processo de análise, e a relação desses fatores com a vegetação e ocupação antrópica das terras. Saber analisar um perfil pode auxiliar na definição de áreas prioritárias à conservação, locais adequados para o desenvolvimento humano ou expansão de um aglomerado urbano, expansão agrícola e mesmo locais potenciais para riscos e problemas ambientais, como deslizamentos de terra ou inundações. Dada a complexidade dos geossistemas e da paisagem como um todo, os perfis adentram a temática como elementos passíveis de serem utilizados na tomada de decisões sobre o uso e conservação do meio ambiente.

Adotar esses perfis sob a ótica da concepção geoecológica permite entender as interações entre seus componentes morfológicos, geológicos, pedológicos, climáticos e de uso antrópico (Rodrigues; Silva, 2023), configurando uma análise tanto estrutural da paisagem (vertical e horizontal) quanto funcional e fisiológica. Esses transectos formam uma combinação de informações capazes de orientar a tomada de decisões em unidades específicas da área de estudo, o que transpassa a visão de gabinete na elaboração do perfil, permitindo uma visão integrada, sistêmica e global da paisagem, agora construído de forma mais minuciosa com a utilização de imagens captadas por drones.

Não há como negar que o campo, o conhecer as áreas de estudo permite atrelar a esses perfis uma análise concreta e fiel sobre as unidades de paisagem; a observação direta, a coleta de dados primários, as fotografias e validação de hipóteses só são permitidas quando aliadas as técnicas do século XXI às vivências que só o campo traz na Ciência Geográfica.

Figura 6 – Perfis geoecológicos do alto, médio e baixo curso de uma bacia hidrográfica



Fonte: os autores

O perfil geoecológico, quando realizado e analisado corretamente, se coloca como uma narrativa visual da interação entre os elementos da superfície — solo, rocha, vegetação, clima, relevo, uso das terras —, e ainda podendo ser adicionados elementos sociais, econômicos e culturais. Ele nos conduz na compreensão das paisagens como se fosse uma tela em branco onde a natureza pinta sua complexa tapeçaria e, à medida que é feito, as etapas vão nos mostrando as relações existentes entre os

componentes e nos ajudam a entender a paisagem como uma obra de arte, dinâmica e complexa.

Considerações finais

Como não podia ser diferente, iniciamos estas considerações tratando daqueles que nos antecederam. Como Orlando Valverde tanto discutiu na questão da decodificação da paisagem, o campo e a análise da paisagem pela fotografia eram uma experiência totalizante, algo como uma insubstituível imersão na realidade. Valverde trouxe à Geografia uma inserção quase que natural de fotos, croquis e trabalhos de campo na vivência do geógrafo. O pé na estrada, o evitar "olhar bovino da paisagem", ou seja, aquele que não interroga, que não desconfia, que não vai atrás para entender os processos. Sua contribuição vai muito além de seu tempo. O mesmo podemos dizer de Dora Romariz e Celeste Dias. Aliar aquilo que esses geógrafos propuseram e discutiram com a inserção de novas formas de captação de imagens, isso fazendo-se uso de formas inovadoras de representação visual e espacial que temos no presente, é essencial, mesmo com todos os desafios existentes, isso somado a uma análise crítica, geográfica. Esses trabalhos inspiram e informam aqueles interessados na relação imagem/espaço/tempo; não conhecê-los, não utilizá-los é um desperdício para a Geografia brasileira. Consideramos essas obras de vanguarda ainda nos dias atuais.

O trinômio composto por imagem, paisagem e perfil geoecológico representa uma abordagem eficiente para entender e documentar a interação entre elementos visuais, ambientais, geográficos e os processos visíveis e invisíveis que terão como resultado a paisagem que temos hoje. A fotografia/vídeos oferece uma representação visual imediata da paisagem, com detalhes que poderiam escapar ao observador no nível do solo, o que permitirá entender a complexidade do todo que define a paisagem, enquanto o perfil passa a oferecer detalhes e integrações que somente transectos permitem compreender.

Para quem tem acesso a essa tecnologia, em geral, integrar esses três componentes, levando em conta que os drones contam com, cada vez mais, câmeras de alta resolução e sensores multiespectrais, poderia fornecer uma visão ainda mais detalhada e abrangente da paisagem, oferecendo insights valiosos para tomadores de decisão e pesquisadores.

Metodologias com o uso de imagens associadas às geotecnologias em pesquisa geográfica, buscando a representação visual da paisagem geográfica, e análise crítica da imagem captada a partir de elementos conceituais e teóricos, sejam eles no âmbito cartográfico ou não, têm um vasto campo a ser compreendido e mesmo analisado. Muito ainda virá nos próximos anos, o avanço da tecnologia nesse campo não pode ser desconsiderado neste momento histórico, no qual estamos tendo registros e acesso a paisagens nas mais diferentes escalas e formas. Naquilo que se refere ao estudo de impactos ambientais, especificamente voos de drones já se demonstram quase como uma *habitué*. Os geógrafos e as geógrafas tomarem para si as técnicas que subsidiam esse conhecimento nos parece urgente. Há muito a se contribuir em planejamentos ambientais e urbanos; naquilo que se refere ao uso e à ocupação das terras; no monitoramento de desastres ambientais; no controle de áreas degradas; na proposição de potencialidades de paisagens, e vislumbramos que há outros campos que ainda nem foram explorados com propriedade.

Essa abordagem recente poderia contribuir na forma como entendemos, monitoramos e gerenciamos a paisagem em que estamos inseridos, proporcionando uma nova perspectiva sobre a interação sociedade e natureza.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Fundect), a qual financia o projeto "Diagnóstico geoecológico das paisagens das bacias hidrográficas cênicas de Bonito e Jardim – Mato Grosso do Sul: subsídios para a construção de um atlas ambiental", vinculado à chamada Especial Fundect/UFGD 33/2022 Atração de Recém-Doutores para Mato Grosso do Sul. O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a concessão da Bolsa Produtividade em Pesquisa, interstício 2023-2025 – Chamada CNPq nº 09/2022 – Processo: 305530/2022-4. Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados.

Referências

AB'SABER, A. N. **Brasil**: paisagens de exceção: o litoral e o pantanal mato-grossense: patrimônios básicos. Cotia: Ateliê Editorial, 2006.

AB'SABER, A. N. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. Edição fac-similar 50 anos. Cotia: Ateliê Editorial, 2007. Originalmente publicada em 1957.

AGUILLA DOS SANTOS, G.; MIRELLA FARINA, R. Mapeamento geográfico por drone. **RECIMA21**: Revista Científica Multidisciplinar, Guarulhos, v. 3, n. 9, p. e391901, 2022.

ALVES, J. S., CUNICO, C. C.; SOUZA, J. O. P. A paisagem na geografia. **Revista Contexto Geográfico**, Maceió, v. 4, n. 8, p. 1-9, dez. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Drones**. Brasília, DF: Anac, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones. Acesso em: 25 abr. 2024.

BARONE REIS E SILVA, J. G. Tecnologias audiovisuais, espaço e tempo: notas sobre convergências, interseções e rupturas. **Revista GEMInIS**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 48-64, 2020.

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

BRUGNOLLI, R. M. *et al.* Geoecological diagnosis of landscapes of the Formoso River Watershed, Bonito/MS, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, [*S. l.*], v. 81, p. 1-19, 2022.

CASTRO, J. F. M. **A história da cartografia e cartografia sistemática**. Belo Horizonte: Editora PUC Minas, 2012.

CAZETTA, V. O status de realidade das fotografias aéreas verticais no contexto dos estudos geográficos. **Pro-Posições**, Campinas, v. 20, n. 3 (60), p. 71-86, set./dez. 2009.

CLAVAL, P. A paisagem dos geógrafos. *In*: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (org.). **Paisagens, textos e identidades**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2004. p. 13-74.

CONTI, J. B. Geografia e paisagem. **Ciência e Natura**, São Carlos, v. 36, ed. especial, p. 239-245, 2014.

CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (org.). **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2004a.

CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (org.). **Paisagens, textos e identidades**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2004b.

COSTA, E. C. P.; SEABRA., V. S. Escala e tempo na análise da paisagem. **Revista Tamoios**, São Gonçalo, ano 15, n. 1, p. 46-56, jan./jun. 2019.

EICHENBERG, F. O. A paisagem como escala e método de análise. *In*: SILVA, C. A.; MORETTI, E. C.; BEREZUK, A. G. (org.). **Mato Grosso do Sul**: escala, paisagem e natureza. Porto Alegre: TotalBooks, 2020. p. 10-36.

GOMES, P. C. C. **Quadros geográficos**: uma forma de ver, uma forma de pensar. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.

HOLLMAN, V. ¿Qué hacen las imágenes entre ellas? Itinerarios iniciales de un proyecto de investigación. *In*: GIRARDI, G.; OLIVEIRA JUNIOR, W. M.; NUNES, F. G. (org.). **Pegadas das imagens na imaginação geográfica**: pesquisas, experimentações e práticas educativas. São Carlos: Pedro & João Editores, 2022. p. 145-162.

MAIO, C. R. **Geomorfologia do Brasil**. 3. ed. revisada e aumentada. Rio de Janeiro: IBGE-IBG, 1987.

MATEO RODRÍGUEZ, J. M. **Geografía de los paisajes**. La Habana: Editorial Universitaria, 2011. Primera parte.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: a história de uma procura. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2001.

NECKEL, N. R. *et al.* Drone e vants como ferramenta para levantamento de áreas de difícil acesso. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 12, p. 115.809-115.824, dez. 2021.

OLIVEIRA, E. M. **Da fotografia analógica à ascensão da fotografia digital**. Portugal: Biblioteca On-Line de Ciências da Comunicação, 2006.

PUNTEL, G. A. A paisagem na Geografia. *In*: VERDUM, R. *et al.* (org.). **Paisagem**: leituras, significados e transformações. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. p. 15-22.

RODRIGUES, L. P.; SILVA, C. A. Proposta metodológica para elaboração de perfil geoecológico utilizando softwares gratuitos. *In*: SILVA, C. A.; EMERSON F. L. (org.). **Cartografia & geotecnologias**: conceitos e aplicações. Porto Alegre: TotalBooks, 2023. p. 205-223.

RODRIGUES, R. C. Análise e tematização da imagem fotográfica. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 36, p. 67-76, 2007.

ROMARIZ, D. A. **Aspectos da vegetação do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Edição da Autora, 1996.

RUIZ-GÓMEZ, M. M. Eduardo Hernández Pacheco y el papel de la fotografía. **Cuadernos Geográficos**, Granada, v. 51, p. 53-77, 2012.

SALINAS CHÁVEZ, E. **Análisis y evaluación de los paisajes en la planificación regional de Cuba**. 1991. Tesis (Doctorado en Ciencias) – Universidad de la Habana, La Habana, 1991.

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2003.

SILVA, C. A. **A imagem como um registro histórico do tempo-mundo-lugar**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2023.

SILVA, C. A. A geografia no dinamismo do mundo vivido: paisagens em cores-texturas-simetrias-formas-gentes. *In*: GOETTERT, J. D. (org.). **Espaços e imagens**: ensaios de expressões. Porto Alegre: Totalbooks, 2024. p. 258-274.

SOARES, N. K. C. *et al.* Cartografias e representações da paisagem. *In*: SILVA, M. S. F.; CARVALHO. M. E. S.; FERRETTI, O. (org.). **Paisagens em movimento**: conceitos, temas e as múltiplas linguagens na educação geográfica. Florianópolis: Edições do Bosque; CFH/UFSC, 2022. v. 1, p. 229-256.

SOCHAVA, V. B. **Introdução à teoria dos geossistemas**. Novosibirsk: Nauka, 1978. Originalmente publicada em russo.

SOUZA, M. L. Orlando Valverde e o ofício de geógrafo: uma conversa com os jovens. *In*: SUERTEGARAY, D. M. A. *et al.* (org.). **Orlando Valverde**: o geógrafo e sua obra. Porto Alegre: IGE/UFRGS, 2017. p. 11-39.

STEINKE, V. A.; REIS JUNIOR, D. F.; COSTA, E. B. (org.). **Geografia & fotografia**: apontamentos teóricos e metodológicos. Brasília, DF: Laboratório de Geoiconografia e Multimídias – LAGIM, UnB, 2014.

SUERTEGARAY, D. M. A. A paisagem na geografia física ou paisagem e natureza. *In*: STEINKE, V. A.; SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. (org.). **Geografia da paisagem**: múltiplas abordagens. Brasília, DF: Caliandra, 2022. v. 1, p. 11-29.

SUERTEGARAY, D. M. A. Arenização: transfiguração da paisagem através de imagens. **Entre-Lugar**, Dourados, v. 9, n. 17, p. 13-43, 2018. DOI 10.30612/el.v9i17.8820.

THOMAZ, T. S. Geografia e fotografia: relação entre paisagem, espaço e imagem. **Espaço & Geografia**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 517-549, 2012.

VERDUM, R. Perceber e conceber paisagem. *In*: VERDUM, R. *et al.* (org.). **Paisagem**: leituras, significados e transformações. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. p. 15-22.

VERDUM, R. Referências da geografia para responder às transformações na paisagem. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 1, n. 20, p. 14-25, 2015.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física [The development of landscape concept and its interaction with physical geography]. **Mercator [da] UFC**, Fortaleza, v. 6, p. 71-78, 2007.

WULF, A. **A invenção da natureza**: as aventuras de Alexandre Von Humboldt, o herói esquecido da ciência. Lisboa. Temas e Debates; Círculo de Leitores, 2015.

CONTRIBUIÇÃO PROCEDIMENTAL PARA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR FORMAÇÃO DE TERRENOS E DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS: ANÁLISE MORFOLÓGICA E IMAGENS ORBITAIS

Érika Cristina Nesta Silva
Francisco Sérgio Bernardes Ladeira
Caio Augusto Marques dos Santos

Introdução

Os espaços urbanos têm sido constantemente (re)produzidos pela ação das sociedades em diferentes recortes espaçotemporais. Os aspectos naturais, como solos e relevo, devem ser levados em consideração na expansão das áreas ocupadas para uma determinada finalidade, como para uso residencial ou industrial. Em alguns casos, ocorrem modificações nos aspectos naturais da paisagem para melhor atender a um certo uso, como na adição de novos materiais à superfície de um local para facilitar a circulação de pessoas. Em outros, as modificações ocorrem de forma indireta, como no consequente aumento no volume de sedimentos transportados para o interior de planícies aluviais em decorrência de alterações realizadas a montante.

Nesses processos relativos ao uso e à ocupação, há a formação de depósitos e terrenos tecnogênicos, que em linhas gerais podem ser definidos como terrenos e depósitos cujas existências se devem às ações da sociedade, como resultado de alterações não somente no conteúdo material das paisagens (nos solos, nas rochas, nos caminhos das águas superficiais etc.), mas também nos processos, ao induzir, por exemplo, intensificações de fluxos superficiais em determinados setores das vertentes e planícies.

A identificação da ação da sociedade nos diferentes aspectos da superfície terrestre tem sido reconhecida por pesquisadores de diferentes países, mesmo utilizando nomenclaturas diferentes para os resultados

dessa ação, a exemplo de Marsh (1867), no livro *Man and nature; or physical geography as modified by human action*, e Sherlock (1922), no livro *Man as a geological agent: an account of his action on inanimate nature*.

Desta forma, reconhece-se que, apesar do aumento no número de trabalhos que retratam as alterações na superfície terrestre nas últimas décadas, há exemplos na literatura mundial que mencionam essas modificações entre a segunda metade do século XIX e o início do século XX. Peloggia *et al.* (2014) mencionam, por exemplo, que Charles Lyell (1863) foi provavelmente o primeiro geólogo a se interessar pela ação humana na natureza, até mesmo utilizando o termo "*made ground*" para destacar áreas que passaram por alterações humanas, especialmente nas camadas superficiais de deposições. Citam, também, o trabalho de Eduard Suess, que identificou estratos antropogênicos em Viena no século XIX.

A classificação dos terrenos tecnogênicos surge no Brasil a partir da necessidade de uma abordagem sistemática dos relevos e depósitos tecnogênicos, cuja principal característica é a identificação da ação da sociedade como produtora direta e indireta de novas deposições e formas de relevo. Consideram-se para essa classificação diversos trabalhos brasileiros e internacionais anteriormente realizados na perspectiva de identificação e classificação de deposições e formas de relevos originadas pela ação da sociedade, como os presentes em Chemekov (1983), Curcio, Lima e Giarola (2004), Nolasco (2002), Oliveira (1990), Peloggia (1997, 1999), Price *et al.* (2011), Ter-Stepanian (1988), entre outros.

Cada tipo de terreno tecnogênico correlaciona-se a formas de relevos tecnogênicos, de caráter agradacional e degradacional, o que, de acordo com Peloggia *et al.* (2018), evidencia o caráter morfoestratigráfico da classificação. A morfoestratigrafia, conforme Huges (2010), é a subdivisão das unidades sedimentares baseadas na forma da superfície, e, como resultado, a distribuição espacial das unidades morfoestratigráficas é frequentemente apresentada em mapas geomorfológicos, ao incorporar critérios morfológicos e estratigráficos.

Sendo assim, o objetivo central deste capítulo é a análise da contribuição de descrições morfológicas, aliadas ao uso de imagens orbitais, para identificação de terrenos tecnogênicos e deposições tecnogênicas (que incluem deposições pedogenizadas) nas vertentes do Córrego da Piscina em Rondonópolis/MT. Esses terrenos tecnogênicos podem ser caracterizados

como áreas degradadas, especialmente quando abarcam depósitos com resíduos sólidos com potencial contaminação dos solos, águas e danos à saúde.

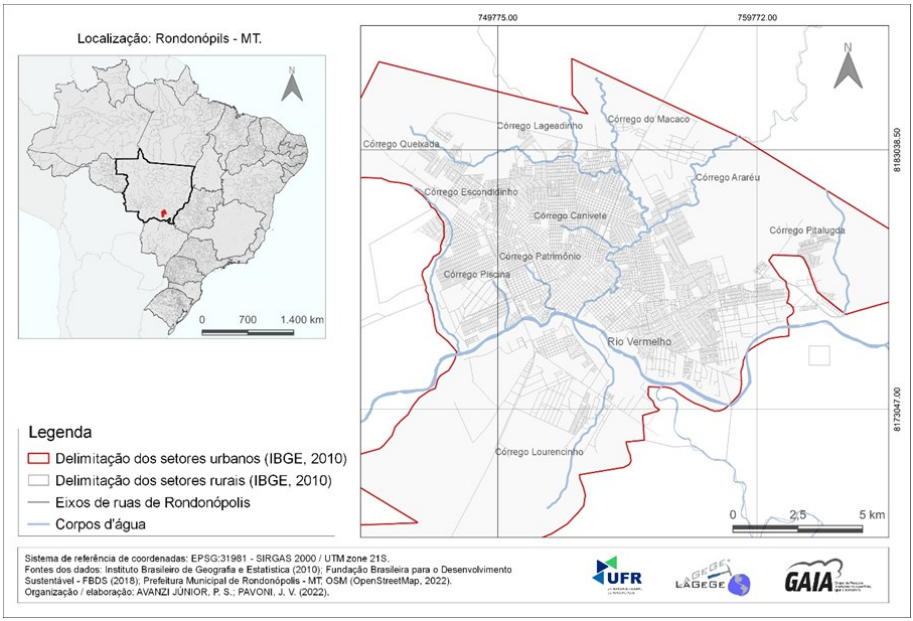
No presente estudo será abordada, em termos de classificação tecnogênica, a de Peloggia (2017), que foi elaborada a partir da revisão da apresentada em Peloggia *et al.* (2014), abarcando os terrenos tecnogênicos de agradação, terrenos tecnogênicos de degradação, terrenos tecnogênicos modificados e terrenos tecnogênicos complexos. De forma complementar, além da identificação e do uso da classificação tecnogênica, informações associadas à pedogênese e solos também serão abordadas por dois motivos: a) devido ao reconhecimento de um perfil de solo pouco disturbado na área, permitindo a comparação dessa formação com as de origem humana; b) por ter sido possível identificar em campo formações tecnogênicas pedogenizadas, ou seja, formações tecnogênicas que têm tido papel de material de origem de novos constituintes pedológicos, fato pouco identificado em trabalhos com deposições tecnogênicas.

Características gerais da cidade de Rondonópolis e da área de estudo

Rondonópolis é um município localizado no sul do estado de Mato Grosso, distante cerca de 215 km da capital (Cuiabá) (Figura 1). Com história de ocupação e formação administrativa complexa, Rondonópolis foi elevada à categoria de município em 1953, sendo antes classificada como distrito subordinado ao município de Cuiabá e, posteriormente, ao município de Poxoréu[17].

[17] Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/rondonopolis/historico. Acesso em: 21 mar. 2025.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Santos (2022)

De acordo com o IBGE (censo 2010), Rondonópolis apresentava uma população de 195.476, que aumentou para 244.897 (Censo 2022). Esse crescimento acelerado já havia sido alvo de pesquisas, indicando, até mesmo, o acentuado processo de segregação socioespacial.

O destaque de Rondonópolis no cenário nacional, para além da pecuária extensiva e monoculturas, se dá também pela rede de transportes. As rodovias BR-163 e BR-364 se cruzam na cidade de Rondonópolis, e está em funcionamento um complexo intermodal, que auxilia no escoamento da produção agrícola também por meio de linha férrea.

Acerca dos componentes naturais, a área estudada localiza-se, conforme relatório da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), na abrangência da litologia da Formação Ponta Grossa, que apresenta as seguintes características:

> Compreende uma sequência de folhelhos e siltitos ferruginosos, cinza a cinza-esverdeados, subordinadamente amarelados e avermelhados, normalmente muito intemperizados, com intercalações de arenitos finos a muito finos,

> preferencialmente ferruginosos, esverdeados, esbranquiçados e amarelados. Superficialmente desenvolve uma cobertura laterítica com esferulitos ferruginosos. Os folhelhos são físseis, muito fraturados, micáceos (muscovita), ferruginosos, com estratificações plano-paralelas milimétricas a centimétricas e cruzadas, pontualmente com marcas de onda e microfósseis. Os siltitos são argilosos, por vezes arenosos, micáceos (muscovita), ferruginosos, físseis, muito fraturados, com estratificações plano-paralelas milimétricas a centimétricas e até métricas e cruzadas, conformando bancos sub-horizontais, mais resistentes aos processos erosivos. Os arenitos e arenitos ferruginosos, são cinza-esverdeados, esbranquiçados, amarelados e avermelhados, granulação fina a muito fina, raramente granulação média, bem selecionados, grãos de quartzo subangulosos a angulosos, baixa esfericidade, argilosos, micáceos (muscovita), com estratificação plano-paralela e marcas de onda (Abreu Filho; Albuquerque, 2016, p. 59-61).

O município apresenta outras litologias, como a Formação Furnas, que, assim como a Formação Ponta Grossa, faz parte do Grupo Paraná (Paleozoico). Em alguns trabalhos acadêmicos e técnicos (Cutrim, 1999; Cutrim; Campos, 2010; Mato Grosso, 2001), a área da pesquisa apresenta-se localizada nessa formação, cujas características são:

> Compreende arenitos esbranquiçados e amarelados, subordinadamente avermelhados, mal classificados, grãos de quartzo médios a grossos, subangulosos, pouco argilosos, friáveis, caolínicos, muito fraturados, micáceos (muscovita), pouca matriz fina (> 10%), localmente muito silicificados em função de falhamentos extensionais normais. Arenitos esbranquiçados e amarelados, mal classificados, finos a médios, grãos de quartzo subangulosos, caolínicos, pouco argilosos, friáveis, fraturados, micáceos (muscovita), pouca matriz fina (> 10%), localmente muito silicificados sob a ação de falhamentos extensionais normais, conformando um relevo de escarpas íngremes e aspecto ruiniforme. Ambos mostram estruturas sedimentares primárias caracterizadas por estratificação cruzada tabular, estratificação plano-paralela e acamamento gradacional. Em direção ao topo registram-se níveis centimétricos a métricos de siltitos amarelados e avermelhados, finos a médios, grãos de quartzo angulosos a subangulosos, pouco argilosos, friáveis, muito fraturados, com estratificação plano-paralela mili-

> métrica a centimétrica. Na base e na porção intermediária tem-se níveis conglomeráticos centimétricos a métricos, esbranquiçados e avermelhados, com seixos angulosos a subangulosos de quartzo de até 10 centímetros de diâmetro, dispersos em uma matriz arenosa grossa (Abreu Filho; Albuquerque, 2016, p. 48).

Ainda próximo da área urbana, há manchas da Formação Aquidauana (Grupo Itararé – Paleozoico) e unidades litoestratigráficas do Cenozoico, como Coberturas detrito-lateríticas inconsolidadas e depósitos aluvionares (Abreu Filho; Albuquerque, 2016).

Guirra (2017) traz dados e informações importantes sobre os aspectos físicos do perímetro urbano de Rondonópolis. Em termos geomorfológicos, Guirra (2017) realiza a classificação do relevo do primeiro ao quarto táxon, com base em Ross (1994). Todo o perímetro urbano se localiza na Bacia Sedimentar do Paraná (Borda Noroeste), e é subdivido em duas unidades morfoesculturais: Patamar Intermediário da Porção Noroeste do Planalto do Alto Taquari-Alto Araguaia e Porção Centro-Oeste da Depressão Interplanáltica de Rondonópolis. A área de estudo localiza-se nessa última unidade morfoescultural, cujos pontos analisados estão em duas unidades morfológicas (3º táxon): 1) padrão em planícies fluviais associados a terraços aluvio-coluvionares; 2) padrão em colinas com topo estreito e aplainado.

Em relação aos tipos de solos presentes no perímetro urbano, Guirra (2017), a partir de informações obtidas e editadas da Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso (Seplan/MT) (Mato Grosso, 2011), indica a existência de Neossolos (Quartzarênicos e Litólicos), Argissolos e Latossolos, além de depósitos aluvionares associados aos Rios Vermelho e Arareau. Grande parte do perímetro urbano, que abarca a área pesquisada, encontra-se na área abrangida por Latossolos Vermelhos Eutróficos Típicos, de acordo com Seplan/MT (Mato Grosso, 2011). Perfis presentes no banco de dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)[18], referentes a Rondonópolis, abarcam Latossolos, Plintossolos, Planossolos.

Rondonópolis, conforme Guirra (2017 p. 100), "caracteriza-se fisiograficamente por biomas de cerrado e resquícios de florestas savânicas nos ambientes de transição e vales fluviais encaixados nos domínios planálticos e interplanálticos". E, no que se refere ao clima, Silva *et al.* (2022),

[18] Disponível em: https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html. Acesso em: 21 mar. 2025.

com base em Sette (1996) e Sette e Tarifa (2002, 2007), mencionam que Rondonópolis apresenta uma temperatura média anual de 25ºC, sendo que os meses mais quentes são setembro e outubro; e os mais frescos são junho e julho. Quanto à distribuição das chuvas, afirmam a alternância entre uma estação úmida, de novembro a abril, e uma seca, de maio a setembro. A distribuição das chuvas durante o ano é, conforme os autores, irregular, com ocorrência em vários anos de episódios de chuvas concentradas que auxiliam na intensificação de processos erosivos, até mesmo no perímetro urbano. Um exemplo é a área de estudo, especialmente próximo à nascente do Córrego da Piscina.

A bacia hidrográfica do Córrego da Piscina é classificada como de segunda ordem, com área total de 684 hectares, e encontra-se totalmente situada dentro do perímetro urbano, com praticamente metade de sua área utilizada para atividades industriais, já o restante é utilizado para uso residencial e parte para uso comercial (Oliveira, 2016). A taxa de ocupação dessa bacia foi reconhecida como alta, com 44% de sua área já ocupada em 2016, e taxa de impermeabilização de 45%, conforme Oliveira (2016). A autora chama atenção, também, para o fato de essa ser uma das bacias hidrográficas do perímetro urbano com presença de córrego canalizado e com aumento da vazão por despejo de esgoto e com margens ocupadas, o que inclui deposições de entulho e infraestrutura de vias de acesso.

Outra classificação realizada pela autora anteriormente citada foi a propensão à inundação, considerada como alta. A questão da inundação também foi apontada por Trassi (2015), ao se referir à Vila Estrela Dalva e ao Jardim Morumbi, que se localizam na área de influência do Córrego da Piscina. Parte dessas áreas, que estão sob influência de inundações, são consideradas como Zonas de Assentamento Social a Legalizar, ao mesmo tempo que são Zonas Especiais de Interesse Social (Prefeitura Municipal de Rondonópolis/MT).

É nesse contexto que são estudadas as formações tecnogênicas ao longo do Córrego da Piscina, considerando-se que os componentes naturais e sociais interferem na formação e rápida transformação dessas formações superficiais que abrangem tanto aspectos relativos a morfologias e morfometrias (em escala de detalhe) quanto composições materiais que diferem do esperado puramente por processos naturais.

A Figura 2 apresenta a localização dos pontos analisados que foram escolhidos através de observações das imagens orbitais do Google Earth

Pro e trabalhos de campo para seleções prévias, por meio de observações da paisagem. As numerações estão de acordo com a seguida no próximo tópico, referente a descrição e análise de cada um deles.

Figura 2 – Localização dos quatro pontos analisados ao longo do Córrego da Piscina

Fonte: Google Earth Pro. Org. de Érika Cristina Nesta Silva

Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos utilizados abarcaram etapas de investigação prévia e a execução do trabalho de campo.

Antes do campo, foram levantados os trabalhos já realizados na área e identificadas mudanças nas características das paisagens através do uso das imagens orbitais fornecidas pelo software Google Earth Pro. Essa etapa auxiliou na escolha prévia dos pontos específicos a serem analisados.

Na sequência, foram realizados trabalhos de campo para observação direta e registros fotográficos de elementos da paisagem que se relacionam com aspectos do uso e ocupação da terra, além do registro de materiais superficiais expostos na área do Córrego da Piscina e adjacências.

No trabalho de campo para a identificação das características dos materiais superficiais, bem como suas identificações como solos ou deposições tecnogênicas, quatro perfis foram selecionados, cujas loca-

lizações se encontram na Figura 2. Apesar da proximidade dos pontos de análise, especialmente dos três primeiros, as suas composições e situações relativas às suas formações são diferentes. Cabe destacar que a numeração dos locais ocorreu por ordem de realização de atividade de campo, e não por sequência linear de montante a jusante. Por exemplo, o perfil 2 não havia sido escolhido previamente, mas foi oportunamente selecionado visto que, na data do trabalho de campo para coleta de amostras, ele se encontrava exposto graças às obras de drenagem urbana que estavam ocorrendo.

Após a escolha dos perfis a serem estudados em detalhe, procedeu-se a limpeza dos perfis com enxada (aproximadamente 40 cm) e identificação de cada camada ou horizonte do solo por critérios como cor, mudança visual na composição material, textura etc. (utilizando uma faca para melhor sensibilidade e acurácia). Após essa delimitação, com anotação da espessura e transição entre os horizontes/camadas, a análise morfológica foi realizada seguindo os parâmetros de cor (utilizando a Carta de Cores de Munsell para solos), textura, estrutura e consistência. Apenas para o ponto 2 essas descrições mais completas não foram realizadas, visto que o tipo de material não permitiu identificação de consistência, estrutura e textura (exceção para a última camada desse mesmo perfil), o mesmo ocorrendo para o ponto 3, em camadas com elevada quantidade de material manufaturado.

Esses procedimentos seguiram as instruções e parâmetros da descrição morfológica presente em Santos *et al.* (2015), que é um procedimento consagrado para identificação das características dos solos.

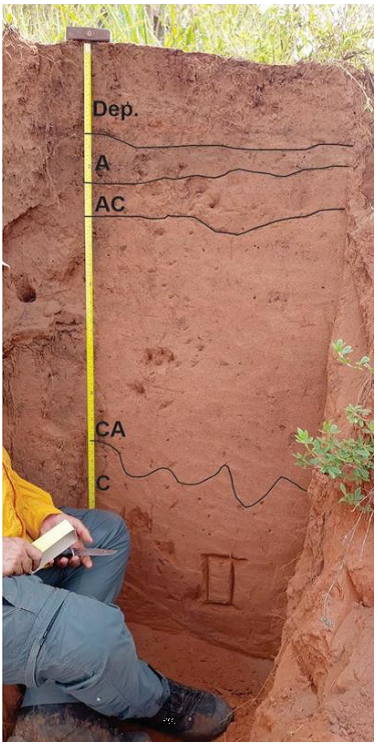
Acerca da descrição do terreno tecnogênico, seguiu-se a classificação de Peloggia (2017). De maneira geral, os terrenos tecnogênicos de agradação são aqueles que têm formações de depósitos tecnogênicos, ou seja, depósitos originados pela ação humana. E os terrenos tecnogênicos de degradação podem, por exemplo, ser áreas em que diretamente ocorreu a remoção de material superficial, por meio de maquinários, ou aquelas em que os processos erosivos se instalaram ou foram intensificados em decorrência das transformações incididas sobre a paisagem, como na retirada da cobertura vegetal ou intensificação de fluxos de água em superfície e subsuperfície. Esses são os principais casos avaliados na área pesquisada.

Resultados e discussões

Primeiro ponto de investigação

O primeiro ponto de análise localiza-se nas adjacências da área que aparentemente abrigava a nascente do Córrego da Piscina. Nesse local, num perfil exposto ao lado da rua recém-asfaltada (Rua da Seriema), no Jardim das Paineiras, foi possível a identificação de horizontes de solo (Figura 3). Esse ponto foi escolhido durante o trabalho de campo realizado em dezembro de 2022 por aparentar ser um solo pouco alterado, com estruturas pedológicas identificáveis, e, portanto, as informações e os dados obtidos nesse perfil poderiam ser utilizados como referência para comparação com os outros pontos, que se constituem em deposições tecnogênicas.

Figura 3 – Identificação e coleta de amostras de camadas/horizontes



Fonte: org. Érika Cristina Nesta Silva

Observações através de imagens do Google Earth Pro mostraram que o ponto sofreu pouca alteração nos últimos anos no que se refere a cortes e preenchimentos. Contudo, em nível superficial, várias modificações são observadas, como queimadas e localização abrangendo antigos contornos da Rua Seriema. Nas adjacências foram identificadas alterações significativas nas últimas duas décadas, como feições erosivas em áreas que se acredita serem a antiga nascente do Córrego da Piscina, devido à constante retomada do processo erosivo e à frequente conexão da feição com o curso d'água a jusante. Esta área, no sentido leste do ponto de coleta, tem passado por constantes modificações, com preenchimentos, retomadas do processo erosivo, processos recorrentes de queimadas da vegetação e tentativas de loteamento, como o recente asfaltamento da quadra em 2021. A presença de um perfil ainda pouco disturbado possibilitou ter-se a ideia de como eram os solos originais da área, antes da ocupação.

O constante preenchimento e retrabalhamento dos materiais superficiais por processo erosivo na quadra no sentido leste do ponto indica instabilidade do local para futuros empreendimentos, como construção de casas. Além disso, ressalta-se que o terreno da quadra se encontra em posição inferior ao nível da rua a oeste e da avenida localizada ao norte, o que poderá resultar em maiores gastos para futuras construções.

Os resultados da análise morfológica possibilitaram o reconhecimento de um perfil de solo no local com quatro horizontes: A, AC, CA, C. Todos os horizontes aparentaram ser arenosos, e tanto o horizonte C quanto a camada relativa ao depósito (superficial) apresentaram estrutura maciça, diferentemente do que se observa nos horizontes A, AC e CA, com estruturas em bloco subangulares, com tamanhos variando de pequeno a médio no interior desses três horizontes, e grau de desenvolvimento variando de fraco a moderado (A e AC) a fraco (CA). A estrutura é um importante indicativo de pedogênese no campo, e o reconhecimento de estruturas em blocos subangulares, mesmo com relativo baixo grau de desenvolvimento, permite a identificação desse perfil como solo. O horizonte C, neste caso, não apresentou fragmentos de rocha, mas sim material arenoso com estrutura maciça. Estes e os demais dados são observados no Quadro 1, destacando o fato de ter sido identificada a não plasticidade e não pegajosidade na camada de depósito e no horizonte A, e a ligeira plasticidade e ligeira pegajosidade nos horizontes mais profundos. Em relação à camada de depósito, lentes de sedimentos avermelhadas e escuras (pretas) indicam que se trata de uma deposição.

Quadro 1 – Caracterização morfológica do perfil analisado no primeiro ponto de coleta

Camada/ horizonte (cm)	**Cores (Munsell)**	**Textura**	**Estrutura**	**Consistência (seco)**	**Consistência (úmido)**	**Consistência (molhado)**	**Transição**	**OBS:**
Depósito (0 - 21/24)	cores variegadas 5 YR 6/4 (seco), 5 YR 4/4 (úmido); 2,5 YR 6/6 (seco), 2,5 YR 5/6 (úmido); 10 YR 4/1 (seco), 10 YR 3/1 (úmido)	arenosa	maciça	macia	muito friável	não plástica/ não pegajosa	abrupta/ ondulada	Ocorrem lentes horizontais de cor vermelha e preta (lenticulares indicando tratar-se de depósito)
A (21/24 - 29/33)	5 YR 4/3 (seco), 5 YR 3/3 (úmido)	arenosa (com um pouco mais de argila)	blocos subangulares; pequena/ média; fraca a moderada	ligeiramente dura	muito friável	não plástica/ não pegajosa	clara/ ondulada	Plástico no meio dos sedimentos

Camada/ horizonte (cm)	Cores (Munsell)	Textura	Estrutura	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)	Transição	OBS:
AC (29/33 - 42/47)	5 YR 6/4 (seco), 5 YR 5/4 (úmido)	areno argilosa	blocos subangulares; pequena/ média; fraca a moderada	ligeiramente dura	muito friável	ligeiramente plástica/ ligeiramente pegajosa	clara/ ondulada	
CA (24/47 - 107/120)	2,5 YR 5/6 (seco), 2,5 YR 4/6(úmido)	areno argilosa	blocos subangulares; pequena/ média; fraca	macia	muito friável	ligeiramente plástica/ ligeiramente pegajosa	gradual/ ondulada	
C (107/120 - 163+)	2,5 YR 5/8 (seco), 2,5 YR 4/8(úmido)	areno argilosa	maciça	macia	muito friável	ligeiramente plástica/ ligeiramente pegajosa		

Fonte: org. Érika Cristina Nesta Silva

Segundo ponto de investigação

O segundo ponto de investigação foi escolhido devido à possibilidade de observação de camadas subsuperficiais abaixo do asfaltamento, por meio de abertura para obras referente às galerias de águas pluviais no local (Avenida A, próximo da Avenida José Pinto, localizada no sentido norte do local). A Figura 4 apresenta a vista aérea pouco antes do trabalho de campo para coleta de materiais; e a Figura 5, por sua vez, refere-se a uma imagem do local no dia da coleta. Por meio dessa última figura, nota-se a continuidade lateral das camadas de deposição, que variam verticalmente entre colorações mais avermelhadas para mais acinzentadas. Ressalta-se que o ponto se localiza na margem direita do Córrego da Piscina e que esta avenida é um dos principais acessos ao distrito industrial.

Neste trecho do Córrego da Piscina, há uma canalização aberta, que retificou esse trecho do canal. Essa canalização aberta é visualizada em imagem do Google Earth Pro de 2004. No entanto, como no ponto exato de análise, ou seja, na própria rua, visualizou-se uma camada possivelmente relacionada à antiga planície. Acredita-se que o curso d'água e sua planície tenham ocupado área mais extensa do que atualmente, corroborado pela característica meandrante que retoma no trecho do córrego imediatamente após a canalização. O trecho de canalização fechada ocorre sob a Avenida José Pinto. Visto a importância dessa área para a logística desse setor da cidade, acredita-se que a retificação do canal e os sucessivos aterramentos na área da rua foram realizados para fins de expansão do processo de uso e ocupação, no caso, voltado principalmente para o setor industrial.

Figura 4 – Imagem obtida no Google Earth Pro (27/11/2023) com localização do ponto 2 de investigação

Fonte: Google Earth Pro

Figura 5 – Registro do trabalho de campo realizado em dezembro de 2023

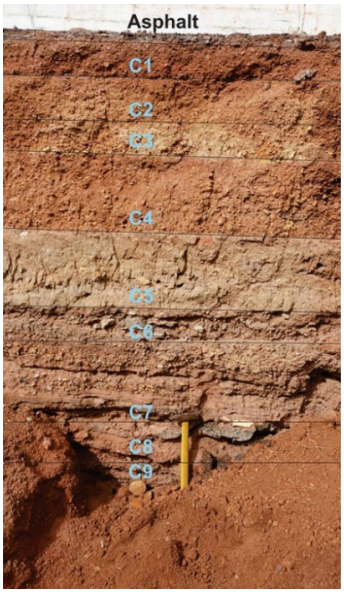
Fonte: os autores

Uma rápida observação do perfil exposto no local foi suficiente para se considerar que não se tratava de um solo, mas sim de uma deposição tecnogênica realizada de forma mecânica e direta (ou melhor, uma sucessão de deposições). Isso dada a geometria das camadas, todas planas em relação à superfície, e com presença elevada de fragmentos de ferricrete na maioria delas.

A Figura 6 apresenta a imagem das camadas de deposição direta com fragmentos desse tipo de material em várias delas, sendo que no topo da camada 8 há uma subcamada bastante evidente de queimada. Já o Quadro 2 contempla as observações realizadas em campo a respeito dos materiais presentes nas camadas bem como a caracterização morfológica. Como se trata de um perfil com várias camadas de deposição e sem nenhum indício inicial de pedogênese, apenas foram anotadas as cores e a transição entre as camadas (todas abruptas e planas, o que corrobora tratar-se de deposições diferentes).

A área, em termos de classificação do terreno tecnogênico, apesenta um possível terreno tecnogênico de degradação na área em que houve a retificação do canal, com possíveis terrenos tecnogênicos de agradação nas áreas laterais do canal, como o exato ponto do perfil analisado. Durante as obras de drenagem, essa área, antes classificada como terreno tecnogênico de agradação, passou por obras nas quais houve retiradas do material, conforme se observa na Figura 5, com corte exposto e materiais relocados para as adjacências da obra. Nesse caso, por curto intervalo de tempo, houve a instauração de um terreno tecnogênico de degradação, posteriormente coberto e retomando a sua classificação enquanto terreno tecnogênico de agradação. Isso demostra quão rapidamente as alterações podem ocorrer num ambiente urbano e quão velozmente a classificação de uma área pode se alterar.

Figura 6 – Identificação de camadas do segundo ponto



Fonte: org. Érika Cristina Nesta Silva

Quadro 2 – Caracterização morfológica do perfil analisado no segundo ponto de coleta

Camada/ horizonte (cm)	**Cores (Munsell) úmidas Obs.: as cores são relativas à matriz**	**Transição**	**Observação**
Asfalto (0 - 4)	x	plana/abrupta	2 camadas de pavimento asfáltico
C1 (0 - 16)	2,5 YR 4/8	plana/abrupta	Base do asfalto, com clastos de ferricrete e quartzo, com matriz fina, clastos de 5 a 30 mm, bem arredondados e subarredondados, com alguns na forma de placas (ferricretes)
C2 (16 - 31)	5 YR 6/6	plana/abrupta	Com clastos idênticos ao anterior
C3 (31 - 42)	10 YR 7/4	plana/abrupta	Com pontuações brancas, clastos similares à camada anterior, entretanto com redução da quantidade de matriz

Camada/ horizonte (cm)	Cores (Munsell) úmidas Obs.: as cores são relativas à matriz	Transição	Observação
C4 (42 - 71)	2,5 YR 5/6	plana/abrupta	Clastos semelhantes aos anteriores, no entanto volta a ter uma quantidade maior de matriz
C5 (71 -100)	10 YR 6/1	plana/abrupta	Com clastos comuns de ferricrete, tijolo, cimento, argila, de 3 mm a 4 cm; na superfície do depósito ocorre plástico e em toda a camada ocorre carvão. Clastos subarredondados a angulosos, fragmentos de ferricretes irregulares
C6 (100 - 112)	2,5 YR 5/6	plana/abrupta	Com clastos angulosos à subarredondados, abundantes, e 3 mm a 10 mm
C7 (112 - 141)	2,5 YR 5/6 (nível mais grosso) e 5 YR 7/4 (níveis mais finos)	plana/abrupta	Camada que intercala níveis mais grossos e níveis mais finos formando pequenos subestratos associados a uma mesma pavimentação. Na porção inferior há um nível de material mais fino que apresenta um acamamento provavelmente associado à compactação. Nesta base aparecem fragmentos de tijolo baiano (os de 8 furos) e lateralmente plástico. Aumenta a quantidade de clastos de ferricrete na forma de placas, mas há o predomínio de clastos subarredondados (também de ferricrete) e clastos de tijolo angulosos com dimensões de 3 mm a 40 mm, exceto 1 fragmento de tijolo com 9 cm
C8 (141 - 156)	10 YR 7/1 (cinzas) e 10 YR 2/1 (carvão)	plana/abrupta	Nível de cinzas e carvão. Lateralmente a camada é relativamente contínua, alargando-se e estreitando-se. Desaparece no sentido do curso d'água. Os fragmentos de carvão vão de milimétricos até 2 cm. Um fragmento de tijolo/telha de aprox. 3 cm

Camada/ horizonte (cm)	Cores (Munsell) úmidas Obs.: as cores são relativas à matriz	Transição	Observação
C 9 (156 - 180+)	2,5 YR 4/8	plana/abrupta	Clastos (de ferricrete) diminuem em relação à C7, de laminares a subarredondados, chegando a 2 cm; apresenta fragmentos de tijolos angulosos que chegam a 3 cm
C10 (211 - 240+) reconhecida lateralmente	10 YR 5/1 com mosqueados comuns 10 YR 8/6		Camada observada na lateral esquerda (no sentido de jusante do curso d'água), a uns 8 m de distância do perfil analisado. Inicia-se em aprox. 211 cm, ocorrendo material associado à dinâmica fluvial, estando nesse nível a base do material tecnogênico. Nessa parte da área avaliada, a cava que fizeram para obra de drenagem é mais profunda. Ocorrem fragmentos de carvão. **Textura** arenosa. **Estrutura** maciça. **Consistência** (molhada): não plástica/não pegajosa

Fonte: org. Érika Cristina Nesta Silva

Terceiro ponto de investigação

O terceiro ponto de investigação tem sua localização a montante do ponto 2, e foi escolhido por ser uma área que tem sofrido alterações drásticas no decorrer dos últimos anos. É uma área que apresenta uma feição erosiva, e já passou por vários episódios de aterramento, até mesmo com tentativas de instalação de ruas no local. Recentemente, em decorrência de obras de instalação de infraestruturas de drenagem e asfaltamento em ruas próximas a montante, que também apresentavam processos drásticos de avanço de processo erosivo, o fluxo de água foi direcionado para o interior dessa área de estudo. Contudo, com a ampliação do processo erosivo no local, parte das aduelas encontra-se exposta e/ou tombada, o que indica a pouca durabilidade dos resultados das ações do poder público no local.

A situação nesse local envolve não somente deposição de terra, na tentativa falha de extinguir o processo erosivo e, na sequência, nova abertura de feição erosiva, mas também deposição de materiais com diferentes características, como entulho, plásticos, restos de resíduos sólidos domésticos, entre outros. Esses materiais, em tamanhos variados, estão presentes também na própria deposição analisada, localizada no talude direito da feição (em relação ao sentido de escoamento do curso d'água). Cabe destacar que essa área não é apenas uma feição erosiva, mas sim o próprio canal do Córrego da Piscina, que de tempos em tempos, mesmo após obras envolvendo soterramento, tem seu canal aberto, erodindo áreas que incluem alguns dos arruamentos do bairro Jardim das Paineiras. A Figura 7 apresenta o avanço do processo erosivo na área em poucos meses, expondo a estrutura de drenagem lateral que se direciona para as aduelas centrais ao canal.

A seta em amarelo indica o local exato de análise da deposição tecnogênica, na qual foram reconhecidas cinco camadas de deposição distintas. A camada 1 (C1) encontrava-se em altura próxima do nível da Av. dos Pelicanos, com perfil total medindo aproximadamente 360 cm. Ao considerar que, em alguns momentos da história dos últimos 20 anos, passava uma rua no local, com superfície portanto nivelada à Av. dos Pelicanos e à Av. José Pinto, podemos ter uma noção do grande volume de material que é utilizado frequentemente para se tentar tampar essa feição e que posteriormente é remobilizado.

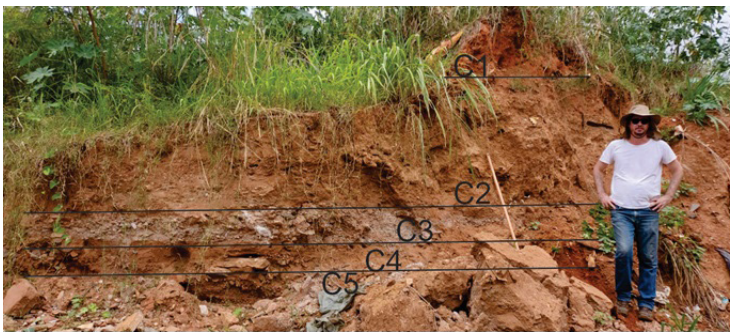
Figura 7 – Área da feição erosiva estudada no Jardim das Paineiras (local de identificação e coleta do terceiro ponto)

Obs.: em "A", a área da Av. dos Pelicanos em dezembro de 2022 com processo erosivo abarcando o arruamento e as estruturas de coleta de água, bem como quantidade elevada de materiais manufaturados depositados; em "B", vista da mesma feição erosiva e dos materiais presentes ainda em dezembro de 2022; em "C" e "D", fotografias de ângulos semelhantes aos de "A" e "B", tiradas em março de 2023, apresentando intensificação do processo erosivo (manilhas paralelas à Av. dos Pelicanos recém-expostas, identificadas pela seta azul em "B" e "D"; local de análise do terceiro ponto em Rondonópolis, localizado na parte esquerda da fotografia, já em processo de erosão, como observado pelo recuo do talude, indicado pela seta amarela).

Fonte: org. Érika Cristina Nesta Silva

Na Figura 8, as cinco camadas de deposição estão delimitadas; e no Quadro 3 são apresentadas as observações realizadas em cada camada da deposição. Visto que entre 2017 e 2018 o processo erosivo atuou de forma intensa na área, acredita-se que a maior parte desse volume de material se encontra hoje nas proximidades da foz do Córrego da Piscina, ainda com a possibilidade de já ter alcançado o próprio Rio Vermelho.

Figura 8 – Identificação de camadas do terceiro ponto



Fonte: org. Érika Cristina Nesta Silva

Quadro 4 – Caracterização morfológica do perfil analisado no terceiro ponto de coleta

Camada (cm)	Cores (Munsell)	Textura	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)	Transição	Observação
C1 (0 - 96)	cores variegadas 2,5 YR 6/8 (seco), 2,5 YR 5/8 (úmida); 5 YR 6/4 (seco), 5 YR 5/4 (úmida)	arenosa	macia	muito friável	não plástica / não pegajoso	plana/ abrupta	Cores variegadas decorrentes da deposição de material pedológico e entulho, com blocos de concreto, plástico, fragmentos de madeira, de azulejo, fio de plástico
C2 (96 - 274)	5 YR 6/2 (seco), 5 YR 4/2 (úmido)	areno argilosa	ligeiramente dura	friável	ligeiramente plástica/ ligeiramente pegajosa	plana/ abrupta	Depósito similar ao anterior, entretanto aparecem blocos de rocha fresca. Fragmentos de materiais de construção, como tijolo; aumenta a quantidade de madeira, borracha e plásticos. Embalagem com data de fabricação 28/06/2017, 38 cm acima do nível 3 (perto da base da camada 2)
C3 (274 - 309)	cores variegadas 5 YR 8/1 (seco), 5 YR 7/2 (úmido); 5 YR 6/4 (seco), 5 YR 4/4 (úmido)	x	x	x	x	plana/ abrupta	Corresponde a um nível de depósito de fragmentos de rocha muito alterada (siltito/ argilito), com fragmentos de azulejo, telha, tijolo, seixo de quartzo, plástico. Embalagem de "Sorriso Xtreme White" no topo da camada inferior

Camada (cm)	Cores (Munsell)	Textura	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)	Transição	Observação
C4 (309 - 344)	5 YR 7/3 (seco), 5 YR 5/3 (úmida)	arenosa	macia	muito friável	não plástica/ não pegajosa	plana/ abrupta	Grande variação granulométrica, indo de porções arenosas que aparentam estruturas sedimentares a lajes de concreto de 70 cm e lentes com diferentes granulometrias aparentemente segregadas por fluxo de água. Arenosa com abundância de clastos e grânulos
C5 (344 - 363+)	cores semelhantes ao anterior						Nível de conglomerado especialmente com clastos de ferricrete e também fragmentos de tijolos. Aparentemente há uma organização dos clastos semelhantes ao anterior, assim como a cor da matriz. Aparenta melhor seleção. Logo abaixo ocorre o embasamento (Ponta Grossa)

Fonte: org. Érika Cristina Nesta Silva

A presença dessa deposição tecnogênica suscita debate quanto à rápida alteração dos terrenos tecnogênicos. Nesse local há uma constante alternância entre formação de terreno tecnogênico de agradação, como a própria deposição analisada, e terreno tecnogênico de degradação, quando há a remobilização frequente desses materiais, ampliando a feição erosiva no local. Isso mostra que mesmo a presença de materiais em tamanhos maiores dos que os encontrados tipicamente nos solos (a exemplo dos fragmentos de tijolo, concreto etc.) não é suficiente para impedir o avanço do processo erosivo, que seria a retomada do próprio fluxo do canal fluvial no local. Alguns indícios mostram que não apenas houve deposição direta e mecânica, mas também relativa ao próprio curso d'água, como na camada 4 (C4), em que há lentes com diferentes granulometrias, com aparente seleção pelo fluxo d'água.

Quarto ponto de investigação

O último ponto analisado está localizado a jusante dos demais, mais próximo da confluência do Córrego da Piscina com o Rio Vermelho. É uma área de planície extensa e, conforme observado por Silva e Santos (2021), é um trecho em que o Córrego da Piscina meandra, mudando frequentemente a posição do canal. Porém, a partir de imagens do Google Earth Pro mais recentes, observou-se que o contorno de um trecho do canal na área onde ocorreu a coleta vem se aproximando de algumas residências, erodindo uma área que não era ocupada por esse curso d'água há pelo menos 19 anos, desde o início dos registros de imagens disponibilizados, em 2004, no Google Earth Pro, até 2023. A expressiva quantidade de sedimentos e materiais manufaturados é um fator essencial a ser considerado quanto à constante modificação do formato do canal, o que torna a área ainda mais inadequada para ocupação. Algumas imagens obtidas em trabalho de campo e no Google Earth Pro são apresentadas na Figura 9.

Figura 9 – Imagens relativas ao ponto quatro de análise

Obs.: em "A", visualiza-se o córrego da Piscina em 04/2018, após episódios de chuvas intensas no verão e a localização do perfil que viria a ser estudado em 2022; em "B", observa-se a localização do ponto cujo perfil foi aberto em decorrência do trabalho erosivo do Córrego da Piscina; em "C", apresenta-se uma fotografia tirada em 12/2022, apontando com a seta vermelha a área do perfil; em "D", tem-se uma fotografia tirada em 03/2023 com uma seta vermelha indicando a área aproximada do perfil, que já sofreu erosão; em "E", mostra-se mais uma fotografia relativa a 12/2002, por outro ângulo, onde é possível ver o perfil exposto; e em "F" a área em março, com visível recuo do perfil no sentido das residências.

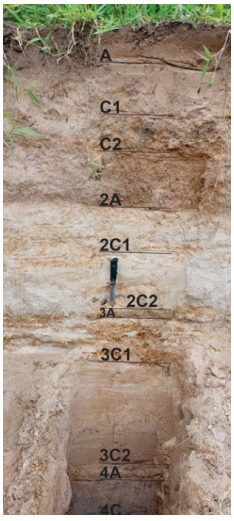
Fonte: org. Érika Cristina Nesta Silva

Recente imagem do Google Earth Pro mostra que a aproximação do canal das residências localizadas na planície tem ocorrido de forma veloz e, possivelmente, atingirá em breve essas residências. No interior do canal, verifica-se quantidade expressiva de sedimentos e, em campo, observou-se que, além de sedimentos, há elevada quantidade de materiais manufaturados, como fragmentos, em diferentes tamanhos, de materiais de construção. Esses materiais são trazidos de montante, como da área

do terceiro ponto de investigação. Destaca-se que o perfil analisado no local, no decorrer dos meses seguintes ao trabalho de campo, passou por processo de erosão de suas camadas/horizontes.

No perfil analisado (Figura 10), foram identificados vários indícios de que se tratava de uma sequência deposicional cujos materiais sofreram pedogênese (mesmo que incipiente) entre um período e outro de deposição. A evidência principal de que se trata de deposição tecnogênica é a presença de materiais manufaturados em várias camadas, como plástico a uma profundidade aproximada de 120 cm, além de fragmentos de ferricrete possivelmente transportados dos arruamentos localizados a montante desse local. Aqui se pode considerar que toda a alteração reconhecida a montante, como no ponto 2 e 3, possui relação com as características deposicionais e com os materiais encontrados nesse trecho, que pode ser denominado de planície tecnogênica (Peloggia, 1997). Essa nomenclatura é viável visto a intervenção da sociedade tanto na composição material quanto no processo de erosão, transporte e deposição, ao alterar, direta e indiretamente, o fluxo de água e sedimentos (e materiais manufaturados) por meio de impermeabilizações, canalizações a montante, alterações na geometria do canal na própria área da planície ao longo do tempo, carga e tipo de material depositado advindo de deposições a montante etc. As informações presentes no Quadro 5 permitem identificar uma sequência de perfis de solo sobrepostos (quatro no total).

Figura 10 – Identificação dos horizontes do quarto ponto



Fonte: org. Érika Cristina Nesta Silva

Quadro 5 – Caracterização morfológica do perfil analisado no quarto ponto de coleta

Horizonte (cm)	**Cores (Munsell)**	**Textura**	**Estrutura**	**Consistência (seco)**	**Consistência (úmido)**	**Consistência (molhado)**	**Transição**	**Observação**
A (0 - 12)	10 YR 4/2 (seco), 10 YR 3/2 (úmido)	areno argilosa	blocos subangulares; moderada; pequena--média	macia	muito friável	plástica/ pegajosa	plana/ clara	
C1 (12 - 29)	10 YR 8/4 (seco), 10 YR 7/6 (úmido); com bioturbações preenchidas, 10 YR 4/2 (seco), 10 YR 3/2 (úmido), com raros mosqueados, 5 YR 6/8 (seco), 5 YR 5/8 (úmido)	arenosa	maciça	ligeiramente dura	muito friável	não plástica/ não pegajosa	plana/ abrupta	

Horizonte (cm)	Cores (Munsell)	Textura	Estrutura	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)	Transição	Observação
C2 (29 - 41)	10 YR 5/2 (seco), 10 YR 4/2 (úmido), com mosqueados abundantes, 7,5 YR 6/8 (seco), 7,5 YR 5/8 (úmido)	arenosa	maciça	ligeiramente dura	friável	não plástica/ não pegajosa	plana/ abrupta	Cascalhenta formada por clastos de ferricrete subarredondados de 3 a 10 mm e fragmentos de tijolo e azulejo de até 5 cm (base de rua/ antropogênica)
2A (41 - 63)	7,5 YR 5/1 (seco), 7,5 YR 4/1 (úmido), com mosqueado, 7,5 YR 6/8 (seco), 7,5 YR 5/8 (úmido)	areno argilosa (areia fina)	blocos subangulares; média e grande, forte/prismática; média; forte	ligeiramente dura	friável	plástica/ pegajosa	plana/ abrupta	Sem material manufaturado; fragmento de carvão. Hipótese: rio mais distante, depositando finos, e maior tempo para o desenvolvimento de pedogênese

Horizonte (cm)	Cores (Munsell)	Textura	Estrutura	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)	Transição	Observação
2C1 (63 - 82)	10 YR 8/2 (seco), 10 YR 7/3 (úmido), com mosqueados abundantes, 7,5 YR 6/8 (seco), 7,5 YR 5/8 (úmido), com mosquemanetos aparentes associados a marcas de raízes	arenosa	maciça	ligeiramente dura	muito friável	não plástica/ não pegajosa	plana/ abrupta	Mosqueamentos: cores de oxidação associadas ao lençol freático e plantas que levam oxigênio da folha para raízes. Com cascalhos abundantes de ferricretes de 3 a 8 mm

Horizonte (cm)	Cores (Munsell)	Textura	Estrutura	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)	Transição	Observação
2C2 (82 - 105)	7,5 YR 8/1 (seco), 7,5YR 7/1 (úmido), com mosqueamentos abundantes, 7,5 YR 6/8 (seco), 7,5 YR 5/8 (úmido)	arenosa	maciça	macia	muito friável	não plástica/ não pegajosa	plana/ abrupta	Com raras porções com clastos de ferricrete iguais ao anterior, sendo comuns nesse nível artefatos com plástico, tijolo cerâmico, e potes plásticos. Cores também associadas à oxidação
3A (105 - 108)	G2 6/5PB (seca), G2 5/5PB (úmido), com mosqueamentos na superfície, 7,5 YR 6/8 (seco), 7,5 YR 5/8 (úmido)	argilo-arenosa	blocos subangulares; média; fraca	ligeiramente dura	friável	plástica/ pegajosa	plana/ abrupta	Cores nitidamente associadas à redução de porosidade do horizonte

Horizonte (cm)	Cores (Munsell)	Textura	Estrutura	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)	Transição	Observação
3C1 (108 - 127)	variegada 7,5 YR 6/8 (seco), 7,5 YR 5/8 (úmido), 7,5 YR 8/1 (seco), 7,5 YR 7/1 (úmido)	arenosa	maciça	solta	solta	não plástica/ não pegajosa	plana/ abrupta	Com muitos cascalhos de ferricrete e raros de quartzos de 3 a 10 mm. Há fragmentos de carvão. Lateralmente tinha um pote amarelo (data de fabricação 09/1996). Com estruturas sedimentares bem preservadas associadas aos clastos

Horizonte (cm)	Cores (Munsell)	Textura	Estrutura	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)	Transição	Observação
3C2 (127 - 171)	7,5YR 8/1 (úmido), com mosqueados 5YR 5/8 (úmido)	arenosa	maciça	solta	solta	não plástica/ não pegajosa	plana/ abrupta	Mosqueamentos associados às raízes e também concentrações de clastos. Com areia marcando ainda estruturas sedimentares preservadas. Há bolsões com clastos de ferricretes de tamanho máximo de 5 mm. Sem artefato. Possível nível de primeira deposição tecnogênica

Horizonte (cm)	Cores (Munsell)	Textura	Estrutura	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)	Transição	Observação
4A (171 - 176)	10YR 5/1 (úmido); cor associada à oxidação de matéria orgânica: 2,5 YR 4/8 (úmida)	argilo- arenosa	estrutura não observada devido à umidade	macia	muito friável	muito plástica/ muito pegajosa	plana/ abrupta	Com restos vegetais, como folhas e troncos preservados abundantes, de cor negra (associado à fossilização, não a carvão). Há oxidação de matéria orgânica
4C (176 - 192+)	10YR 7/1 (úmido), com mosqueamentos comuns 2,5YR 4/8 (úmida)	arenosa	maciça	solta	solta	não plástica/ não pegajosa		Nível da água logo abaixo. Sem evidência de artefatos ou nódulos de ferricretes

Fonte: org. Érika Cristina Nesta Silva

Um dos principais indícios de pedogênese é o desenvolvimento de estruturas em blocos subangulares e prismáticas, com diferentes graus de desenvolvimento e tamanhos nos horizontes "A", comparado com as estruturas maciças dos horizontes "C". Associadas ao desenvolvimento de estruturas, em vários horizontes foram identificadas cores ligadas a oxidação por meio de raízes de plantas que levam oxigênio para essa parte de suas estruturas. Já o horizonte 3A apresentou cores associadas a redução, indicando um possível nível em que a água permaneceu por certo tempo, suficiente para possibilitar essa reação.

Horizontes como o 4A apresentaram fragmentos vegetais preservados, indicando que houve estabelecimento de vegetação quando a superfície estava nesse nível (171 cm abaixo do topo do perfil, que também se encontrava vegetado por gramíneas).

Além do desenvolvimento de estruturas, os horizontes "A" apresentaram menos areia e mais argila, pelo que é possível inferir pela plasticidade e pegajosidade (consistência com a amostra molhada). A hipótese levantada a respeito da diferença de textura entre os horizontes "A" e "C" é que as deposições que deram origem aos "A" estão relacionadas a fases em que o Córrego da Piscina está migrando e se afastando desse local exato da análise e, com isso, com um menor volume e velocidade de água, passa a depositar os elementos mais finos que estavam em suspensão (a argila, no caso).

Quanto à classificação do terreno tecnogênico, tem-se a formação de um terreno tecnogênico de agradação que, após alguns meses do levantamento de campo, passou a ser um terreno tecnogênico de degradação, visto que o perfil estudado foi erodido e, possivelmente, parte desse material se encontra solto no banco de areia, ou já pode ter sido transportado, na continuidade do processo erosivo, para o interior do próprio Rio Vermelho.

Considerações finais

Os resultados alcançados mostraram que os procedimentos utilizados em campo e como preparação para ele foram fundamentais para a pesquisa relativa às deposições tecnogênicas, bem como na identificação de alterações na paisagem não apenas pela existência dessas formações, mas também com as alterações que esses volumes podem sofrer ao longo dos anos, seja por novas deposições sobrepostas, por processos de erosão

desses volumes, ou mesmo por processos de intemperismo (e pedogênese) que esses materiais podem sofrer.

Ainda não há procedimentos específicos para identificação de formações tecnogênicas, todavia os procedimentos adotados mostraram-se satisfatórios e adequados perante o objetivo do trabalho. No entanto, os procedimentos utilizados no trabalho de campo e nas imagens de satélite permitiram reconhecer áreas degradadas no sentido de deposições de materiais pouco consolidados, incluindo resíduos sólidos, com elevada propensão a serem remobilizados para áreas mais baixas do relevo. Além disso, verificou-se que as tentativas de recuperação de áreas degradadas por processos erosivos, ao longo de pelo menos 20 anos, têm sido insuficientes para resolver a questão e realmente melhorar as condições de vida da população que reside nas áreas adjacentes.

O uso integrado de diferentes procedimentos ressalta o caráter complexo de conexões entre elementos e processos naturais e sociais, representado sobretudo pelas alterações na paisagem através de mudanças de uso e ocupação da terra.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) à pesquisa realizada (Processo nº 2019/21885-7, Fapesp). Franciso Sergio Bernardes Ladeira agradece a bolsa Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (303977/2021-3).

Referências

ABREU FILHO, W.; ALBUQUERQUE, M. C. **Projeto geologia das folhas Dom Aquino-Rondonópolis**: estado de Mato Grosso. Goiânia: CPRM, 2016.

CHEMEKOV, Y. F. Technogenic deposits. *In*: INQUA CONGRESS, 11., Moscow. **Abstracts** [...]. Moscow: INQUA, 1983. v. 3, p. 62.

CURCIO, G. R.; LIMA, V. C.; GIAROLA, N. F. B. Antropossolos: proposta de ordem (1ª aproximação). **Embrapa Florestas. Documentos**, v. 101, 2004.

CUTRIM, A. O. **Hidrogeologia, consumo e demanda de água em Rondonópolis-MT**: subsídios para o desenvolvimento urbano sustentável. 1999. Tese

(Doutorado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 1999.

CUTRIM, A. O.; CAMPOS, J. E. G. Avaliação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis-MT com aplicação dos métodos GOD e Posh. **Geociências [da] Unesp**, São Paulo, v. 29, n. 3. p. 401-411, 2010.

GOOGLE. *Google Earth Pro* [recurso eletrônico]. Versão 7.3.6. Disponível em: https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/versions/#earth-pro. Acesso em: 22 abr. 2025.

GUIRRA, A. P. M. **Novas contribuições ao modelo de fragilidade ambiental a processos erosivos**: estudo de caso aplicado ao perímetro urbano de Rondonópolis, Mato Grosso. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondonópolis, Rondonópolis, 2017.

HUGHES, P. D. Geomorphology and quaternary stratigraphy: the roles of morpho-, litho-, and allostratigraphy. **Geomorphology**, Amsterdã, v. 123, p. 189-199, 2010.

IBGE. **Censo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: http://www.censo2010.ibge.gov.br/. Acesso em: 30 ago. 2023.

MARSH, G. P. **Man and nature; or physical geography as modified by human action**. New York: John F. Trow & CO., 1867.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento **Atlas de Mato Grosso**: abordagem socioeconômico-ecológica. Organização de L. Camargo. Cuiabá: Entrelinhas, 2011.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento. Coordenação Geral. **Mapa geológico do estado de Mato Grosso**. [*S. l.*]: Seplan, 2001. 1 mapa. Escala: 1:1.500.000.

NEGRI, S. M. **O processo de segregação sócio-espacial no contexto do desenvolvimento econômico da cidade de Rondonópolis – MT**. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

NOLASCO M. C. **Registros geológicos gerados pelo garimpo**: Lavras Diamantinas – BA. 2002. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos tecnogênicos associados a erosão atual. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6., Cobramsef, 9., 1990, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: ABGE; ABMS, 1990. p. 411-416.

OLIVEIRA, T. D. S. **Avaliação do potencial das sub-bacias hidrográficas enquanto unidades espaciais de planejamento urbano integrado na cidade de Rondonópolis-MT**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondonópolis, Rondonópolis, 2016.

PELOGGIA, A. U. G. "New awful changes: the human geological stratum rediscovered". Allowing art to talk about the anthropocene. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 91-101, 2018.

PELOGGIA, A. U. G. **Delineação e aprofundamento temático da geologia do tecnógeno do município de São Paulo**: as conseqüências geológicas da ação do homem sobre a natureza e as determinações geológicas da ação humana em suas particularidades referentes à precária ocupação urbana. 1997. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PELOGGIA, A. U. G. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. **Revista UNG Geociências**, Guarulhos, v. 16, n. 1, p. 102-127, 2017.

PELOGGIA, A. U. G. Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografação dos solos e depósitos tecnogênicos. *In*: PELOGGIA, A. U. G. **Manual geotécnico 3**: estudos de geotécnica e geologia urbana (I). São Paulo: [*s. n.*], 1999. p. 35-50.

PELOGGIA, A. U. G. *et al.* Processos de formação de terrenos e relevos tecnogênicos correlativos à urbanização: análise morfoestratigráfica e geoambiental aplicada na bacia do córrego Água Branca, Itaquaquecetuba (RMSP). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 245-265, abr./jun. 2018.

PELOGGIA, A. U. G. *et al.* Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014. DOI 10.5380/abequa.v5i1.34823.

PRICE S. J. *et al.* Human as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. **Phil. Trans. R. Soc. A**, London, v. 369, n. 1.938, p. 1.056-1.086, Mar. 2011. Disponível em: http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/369/1938.toc#Introduction. Acesso em: 5 abr. 2013.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia [de] Universidade de São Paulo**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

SANTOS, K. R. A. **Vulnerabilidades socioeconômicas na cidade de Rondonópolis-MT e sua relação com as declividades dos terrenos**. 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondonópolis, Rondonópolis, 2022.

SANTOS, R. D. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa, MG: SBCS; Embrapa; CNPS, 2015.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta geológica da folha SE-21-X-B (Rondonópolis)**. Goiânia, 2014. 1 mapa. Escala 1:250.000. Disponível em: https://geosgb.sgb.gov.br/. Acesso em: 16 abr. 2024.

SHERLOCK, L. R. **Man as a geological agent**: an account of his action on inanimate nature. London: H. F. & G. Witherby, 1922.

SILVA, E. C. N. *et al.* Entre chuvas e secas: a produção de terrenos tecnogênicos em Rondonópolis (MT). *In*: AMORIM, M. C. T.; NUNES, J. O. R. (org.). **Dinâmicas naturais e humanas nos ambientes urbanos**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2022. p. 185-214.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the technogene. **Bulletin I.A.E.G.**, Paris, n. 38, p. 133-142, 1988.

TRASSI, J. S. **Estudo do potencial de riscos de inundações nas microbacias da cidade de Rondonópolis, Mato Grosso**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2015.

ESTUDO DE ALTERAÇÃO DO RELEVO NA PERSPECTIVA DO ANTROPOCENO E DOS TERRENOS TECNOGÊNCIOS EM ÁREA RURAL LOCALIZADA NA APA DO TIMBURI, PRESIDENTE PRUDENTE/SP

Leonardo Cruz Mendes da Silva
João Osvaldo Rodrigues Nunes
Érika Cristina Nesta Silva

Introdução

O ser humano, por meio de suas atividades, tem provocado sucessivas alterações no meio natural, a partir da domesticação de animais e descoberta da agricultura, o que marcou um ponto de virada para as sociedades primitivas na Revolução Neolítica, seguida da Revolução Urbana (Ter-Stepanian, 1983; 1988; 1992; Peloggia, 2003). Nos séculos mais recentes isto cresceu exponencialmente. No período pós Revolução Industrial, por exemplo, se observou pela expansão urbana, esgotamento progressivo dos combustíveis fósseis, aumento na emissão de gases de efeito estufa, como CO2 e CH4 na atmosfera, ao passo que na Revolução Verde ocorreu o incremento na fixação de nitrogênio pela aplicação de fertilizantes na agricultura, além da utilização intensiva de recursos hídricos e aumento na taxa de extinção de espécies, particularmente nas florestas tropicais úmidas. (Crutzen; Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Waters *et al.,* 2016; 2018; 2023).

Todo esse cenário levou parte da comunidade científica a considerar o ser humano como agente geológico ativo, capaz de alterar direta ou indiretamente as formas e processos ligados ao relevo (Peloggia, 2003; 2021). No âmbito das pesquisas voltadas aos processos morfodinâmicos, que são aqueles ocorridos na escala de tempo mais curta – tempo histórico – ou tempo "que faz" (Suertegaray; Nunes, 2001), tem-se dado espaço e relevância para as dinâmicas ligadas a ação antrópica, em detrimento de análises morfogenéticas relacionadas exclusivamente ao tempo profundo – tempo "que escoa" (Suertegaray; Nunes, 2001; Nunes, 2002). A

exemplo disso, tem-se os estudos de terrenos e depósitos tecnogênicos, antropossolos (Curcio; Lima; Giarola, 2004) e afins.

A erosão como fenômeno natural promove o modelamento do relevo através dos vetores da própria natureza (água, vento e gelo). De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Lepsch (2011), esse tipo de erosão é denominada de geológica ou natural, pois ocorre ao longo de centenas e milhares de anos. Há, entretanto, um outro tipo de erosão ligada a processos antrópicos, sobretudo pelo uso e ocupação e exploração predatória da natureza.

Em regiões de clima tropical e índices pluviométricos elevados, como é o caso do oeste paulista, os processos erosivos intensificados pela influência humana se manifestam sobretudo na forma de erosões hídricas (Guerra; Silva; Botelho, 1999; Lepsch, 2011), gerando diversos problemas de degradação, perda de fertilidade e produtividade dos solos e áreas rurais férteis, além da formação de sulcos, ravinas e voçorocas, bem como impactos correlativos a esses processos nas áreas dos corpos d'água e planícies aluviais, em particular com assoreamentos. Outro impacto desses processos são as formações tecnogênicas, que incluem terrenos, depósitos e relevos, (Chemekov, 1983; Peloggia, 2021) os quais se refletem nas características da estrutura superficial das paisagens, formas de relevo e nos materiais superficiais e subsuperficiais (Silva, 2017).

Esta pesquisa foi realizada numa área rural situada na Área de Proteção Ambiental – APA do Timburi, município de Presidente Prudente – SP. A mesma possui um histórico de intensas alterações antrópicas ligadas sobretudo ao uso e cobertura da terra, de modo que ao longo das últimas décadas, houve o assoreamento de um curso hídrico decorrente da deposição de sedimentos, e transformação de uma planície fluvial em uma planície aluvial e tecnogênica. Houve também uma série de intervenções mecânicas no terreno afim de conter erosões, e nos últimos anos há processos de entalhe da porção mais a jusante na área, na forma de ravinas e uma voçoroca (Lopes; Silva, 2022; Silva, 2024).

O objetivo central da pesquisa foi de entender os impactos da ação antrópica sobre o relevo, a partir de um estudo de caso, sob a perspectiva das erosões de influência antrópica e a formação de terrenos e depósitos tecnogênicos, além da intervenção para contenção e estabilização de erosões lineares com uso de bioengenharia em duas ravinas. A estabilização e recuperação de áreas degradadas é fundamental para que o ambiente

natural volte a desempenhar suas funções, sendo a bioengenharia uma alternativa versátil, reduzindo a energia potencial hídrica e consequente perda de solo, proporcionando maior absorção da água e estabilidade (Verdum; Vieira; Caneppele, 2016; Schmeier, 2013).

Tempo geológico/tempo do Antropoceno: o tempo na interpretação das transformações do relevo e na formação dos terrenos tecnogênicos

O tempo geológico que explica a história da Terra desde a sua formação é categorizado em subdivisões cronológicas (Éons, Eras, Períodos, Épocas, Idades). Formalmente, a Terra encontra-se atualmente no Éon Fanerozoico, na Era Cenozoica, no Período Quaternário e na Época do Holoceno. Tal compreensão enquadra temporalmente as grandes transformações geológicas que levaram ao panorama estrutural do relevo que temos atualmente. Entretanto, parte da comunidade científica tem defendido a ideia do Antropoceno como um "novo capítulo" da história da Terra, atribuindo ao ser humano o papel de agente geológico preponderante. Argumenta-se que o Antropoceno é distinto, tanto funcional quanto estratigraficamente, do Holoceno (Crutzen, 2002; Crutzen; Stoermer, 2000; Luz; Santos Marcal, 2016; Peloggia, 2021; Waters *et al.*, 2016, 2018, 2023).

Cabe mencionar algumas propostas de classificação ou abordagem de um recorte temporal (período ou época) relativo à ação humana na escala do tempo geológico, como a de Ter-Stepanian (1983, 1988, 1994), que propõe o Tecnógeno como uma fase de transição entre o Quaternário e o Quinário, com base em mudanças ambientais provocadas pela atividade humana. Crutzen e Stoermer (2000) identificam marcos distintos da época Holocênica, destacando o advento da urbanização, extinção de espécies e emissão de gases poluentes que provocaram alterações químicas na atmosfera.

Oliveira e Peloggia (2014) introduzem a perspectiva das Unidades Diacrônicas para compreender a influência humana na geocronologia, propondo uma subdivisão do Antropoceno e Tecnógeno em fases, sendo elas: 1) Evento Pré-Tecnogênico; 2) Evento Tecnogênico; 3) Fase Agrícola; 4) Fase Urbana; 5) Fase Global Comercial; 6) Fase Antropocênica (Industrial).

Waters *et al.* (2016, 2018, 2023) corroboram a ideia de formalização do Antropoceno, propondo potenciais marcadores geológicos e locais can-

didatos a Seções e Pontos de Estratotipo de Fronteira Global (GSSPs)[19] para oficializá-lo na escala de tempo geológica. Através do trabalho do *Anthropocene Working Group* (AWG), foi proposto o Lago Crawford localizado em Ontário, Canadá, como o principal candidato da série Antropoceno, baseado na identificação de radionuclídeos artificiais, partículas de combustão, populações bióticas alteradas e poluentes orgânicos encontrados em camadas sedimentares no fundo do Lago (Marshall *et al.*, 2023). No final do ano de 2023 houve a votação do marcador proposto, contudo, a Comissão Internacional de Estratigrafia – ICS deliberou contrária à sua formalização (Silva, 2024).

Peloggia (2021) faz uma importante observação a esse respeito, reconhecendo a potencialidade do Antropoceno enquanto um conceito heurístico, capaz de auxiliar a prática da pesquisa. O autor afirma ainda que esse conceito terá muito a perder caso seja concebido apenas na sua concepção geológica restrita, atrelada apenas à cronoestratigrafia e à geocronologia.

A questão dos terrenos e depósitos tecnogênicos também aborda a agência geológica humana sobre a Terra. O pioneiro neste tema foi Chemekov (1983); segundo ele, trata-se de depósitos formados pela atividade humana, um agente geológico preponderante que provoca elevadas taxas de transporte e sedimentação de material tecnogênico na superfície terrestre e geram novos tipos de depósitos que não têm equivalentes nos períodos "pré-antropogênicos", representando novos marcos estratigráficos. A partir da tríade "gênese – composição – morfologia do corpo geológico", Chemekov lista 11 exemplos de depósitos tecnogênicos, categorizando-os em três "séries paragenéticas": subaérea, subaquática e subterrânea (Chemekov, 1983).

No Brasil, os primeiros estudos na área específica do Tecnógeno surgiram a partir da década de 1990 e se difundiram inclusive nas décadas seguintes. Cabe destacar alguns pesquisadores que se debruçaram sobre o tema, como Peloggia (1999, 2003, 2005, 2017), e Silva (2009, 2012, 2017), além de outros estudos (Dias, 2015; Olivera, 1994; Silva, 2011) apenas para exemplificar. Alguns autores brasileiros também elaboraram importantes classificações para os diferentes tipos depósitos tecnogênicos (Oliveira, 1990, 1995; Peloggia, 1996, 1999; Peloggia, 2017).

[19] GSSPs são pontos de referência em seções estratigráficas de rocha que definem os limites inferiores dos estágios na escala de tempo geológica. Desde 1977, a Comissão Internacional de Estratigrafia (ICS) mantém o registro internacional do GSSP. Veja mais em: https://stratigraphy.org/gssps/. Acesso em: 25 mar. 2025.

O debate em torno dos terrenos ou depósitos tecnogênicos e do conceito de Antropoceno suscita uma reflexão sobre a natureza e a produção do conhecimento geográfico na contemporaneidade. Suertegaray e Nunes (2001), mesmo antes da discussão sobre o Antropoceno ganhar as proporções que hoje tem, conduziram uma análise detalhada envolvendo a ação humana na geomorfologia, compilando estudos geográficos e examinando-os à luz de suas discussões. No referido estudo, os autores delinearam as diferentes fases pelas quais a ciência geográfica passou ao longo de sua evolução, destacando os desafios enfrentados pelos geógrafos, particularmente durante o século XIX e a primeira metade do século XX, quando prevalecia uma separação entre os ramos físico e humano da disciplina (a visão dicotômica).

Somente a partir dos anos 1970, com o surgimento dos debates ambientais, essa integração começou a ser restabelecida (Suertegaray; Nunes, 2001). Ao analisar a questão temporal na interpretação do relevo, os autores se depararam com duas perspectivas: o tempo geológico e o tempo histórico, ou, em outras palavras, o tempo profundo e o tempo que faz. O tempo profundo é conceituado da seguinte forma:

> Segundo Gould (1991), a noção de tempo profundo remonta ao século XVIII com Hutton. Este, para os geólogos, pode ser representado de forma antagônica através de duas metáforas: seta do tempo e ciclo do tempo. Estas concepções de tempo influenciaram a Geomorfologia, que se utilizou destes conceitos para explicar as formas da superfície da Terra. Pudemos também pensar a idéia de tempo a partir de uma outra metáfora: a espiral. Nesta perspectiva, a dinâmica geomorfológica é algo que se projeta enquanto seta, de forma linear e sucessiva, em constante transformação. Esta transformação produz-se e/ou reproduz-se através de ciclos que se sucedem, mas que, ao se sucederem, não se reproduzem com as mesmas características anteriores. O que significa dizer que a forma geomorfológica é o resultado de processos do passado e do presente ou da coexistência de tempos, parafraseando Santos (1997) quando se refere ao espaço geográfico (Suertegaray; Nunes, 2001, p. 18-19).

Essa perspectiva enfatiza os estudos relacionados à morfogênese do relevo, nos quais os geomorfólogos buscam compreender a origem das formas por meio da interpretação genética, "estudando com mais detalhe o tempo que escoa (time) do que o tempo que faz (wheathering)" (Suertegaray; Nunes, 2001, p. 19). Quanto ao tempo "que faz", é descrito como:

> O tempo que faz não é mais o tempo das regularidades, da uniformidade dos processos. O tempo que faz é o tempo das irregularidades, dos episódios catastróficos, dos eventos esporádicos, dos ritmos e das variabilidades. É também um tempo que introduz no que fazer da natureza a dimensão antropogênica, não levada em conta quando nos detemos a refletir na ótica do tempo que escoa. Aqui aparece o grande obstáculo para a Geologia. Esta, dominada pela leitura da formação da Terra baseada no tempo que passa, tem apresentado dificuldades em compreender o significado do tempo que faz, incluindo a dinâmica antropogênica. O tempo que faz é percebido como um período curto, incapaz de gerar transformações da ordem daquelas analisadas quando se trabalha com a concepção de tempo profundo (Suertegaray; Nunes, 2001, p. 19).

Nesse sentido, as ciências que investigam o relevo e a relação entre sociedade e natureza enfrentam constantes desafios na formulação e reformulação de seus conceitos, concepções e teorias, especialmente diante da emergência do debate do Antropoceno e dos depósitos e terrenos tecnogênicos, que exige uma ampliação das perspectivas de análise para abarcar os objetos de estudo em sua complexidade.

Metodologia

Os procedimentos metodológicos aplicados durante a pesquisa estão organizados em quatro etapas, começando pela pesquisa de gabinete, trabalhos de campo, análises em laboratório e tratamento/discussão final dos dados, da seguinte forma:

I. Tomou-se como ponto de partida uma pesquisa bibliográfica afim de fundamentar o arcabouço teórico-metodológico, por meio de um estudo de conceitos e discussões em torno do Antropoceno e do Tecnógeno enquanto possibilidades de definição de época e período geológico relativo à ação humana (Crutzen; Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Peloggia, 2003, 2021; Ter-Stepanian 1983, 1988; 1992; Waters *et al.*, 2016, 2018, 2023), depósitos e terrenos tecnogênicos (Chemekov, 1983; Peloggia, 2003, 2021; Peloggia, 2017), processos erosivos e contenção de erosões lineares com técnicas de bioengenharia (Araújo; Almeida; Guerra, 2010; Araújo-Filho; Holanda; Andrade, 2013; Fushimi; Nunes, 2022; Schmeier, 2013; Verdum; Vieira; Caneppele, 2016).

Paralelamente, procedeu-se à análise dos dados bibliográficos disponíveis sobre a APA do Timburi, onde se localiza a área de estudo. Neste aspecto, um amplo material cartográfico e bibliográfico serviu de base para a caracterização da área (Fushimi, 2012; Lopes; Silva, 2022; Nunes *et al.*, 2021; Silva, 2024), o que se somou à visualização de imagens do Google Earth Pro no período de 2003 a 2023, visando avaliar as dinâmicas do relevo e ao longo do período mais recente, bem como delimitar as erosões e os pontos de coletas. Outro dado fundamental para a análise foi uma imagem aérea da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) do ano de 1971, a qual revelou o antigo córrego existente na área de estudo.

II. A segunda etapa consistiu nos trabalhos de campo, tendo como objetivo inicial uma exploração da área de estudo, o que fomentou discussões sobre os aspectos físicos, ambientais e históricos do relevo, além da realização de conversas com moradores antigos das propriedades do entorno. Em seguida foram feitas as coletas de amostras para análise física e química do terreno, conforme os procedimentos previstos no *Manual de descrição e coleta de solo no campo* (Santos *et al.*, 2015), ensaios de permeabilidade com o Permeâmetro de Guelph, a fim de mensurar as condições de drenagem do terreno, a partir da condutividade hidráulica saturada do solo em campo (Aguiar, 2001; Rimes; Miguez; Avelar, 2014; Ditzler *et al.,* 2017). E, por fim, a implantação das estruturas de bioengenharia em duas ravinas, de acordo com metodologias exploradas amplamente nos referenciais consultados (Lopes; Silva, 2022; Nunes *et al.*, 2021; Silva; Lopes; Nunes, 2023).

Os "Métodos Biotecnológicos" representam técnicas de controle contra erosões em áreas instáveis, também conhecidos como Bioengenharia de Solos, Engenharia Natural, Ecoengenharia, Construção Verde, Engenharia Biotécnica, entre outras denominações sinônimas (Verdum; Vieira; Caneppele; 2016). Esses métodos envolvem o uso de materiais vivos ou inertes e as vantagens de suas aplicações são diversas (Araújo; Almeida; Guerra, 2010). Tais benefícios estão relacionados à proteção contra instabilidades, ação do vento e das chuvas, regulação térmica, criação de habitats para fauna e flora, baixo custo, criação de áreas agrícolas e de lazer, melhoria das condições socioambientais (Araújo; Almeida; Guerra, 2010; Mathias; Cunha, 2013; Solera *et al.,* 2014).

Foram construídos e instalados três barramentos na Ravina 1 e quatro na Ravina 2, totalizando sete estruturas. As medições de suas dimensões (comprimento e altura, distância entre cada uma) foram feitas com uma trena de 5 metros, e as coordenadas *Universal Transverse Mercator* (UTM) e elevação foram registradas com um Sistema de Posicionamento Global (GPS). Os bambus foram cortados com uma motosserra e facões, e transportados manualmente para os locais escolhidos. A montagem das estruturas seguiu as etapas: a) marcação e perfuração dos pontos de sustentação com enxadão e cavadeiras; b) fixação dos bambus estruturais, e travamento da estrutura utilizando arames recozido e turquesa; c) revestimento das estruturas com sacarias de ráfia fixadas com abraçadeiras nylon, que posteriormente foram substituídas por tela de sombrite de polietileno, por ser um material de maior resistência (Lopes; Silva, 2022; Silva; Lopes; Nunes, 2023).

Após a montagem, deu-se início aos monitoramentos para acompanhar o desempenho das paliçadas, entre 2020 e 2021 foram efetuadas algumas manutenções, e após o ano de 2022 as estruturas já estavam totalmente integradas à vegetação do ambiente. O monitoramento das ravinas manteve-se até o ano de 2024.

III. Na etapa de laboratório, realizaram-se análises física e química das amostras, a partir de procedimentos do *Manual de descrição e coleta de solo no campo* (Santos *et al.*, 2015) e da Embrapa (Teixeira *et al.*, 2017). Os resultados da granulometria foram posteriormente inseridos no Diagrama Textural proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 1951 *apud* Lemos; Santos, 1996). As amostras designadas para análise química foram encaminhadas ao Laboratório de Análises e Consultoria Agrícola e Ambiental – Ciência em Solos, de São José do Rio Preto/SP. As demais análises e os procedimentos laboratoriais foram realizados no Laboratório de Sedimentologia e Análises de Solos (LabSolos), da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/Unesp) de Presidente Prudente/SP.

IV. A quarte e última etapa da pesquisa consistiu no esforço de junção dos dados e informações das etapas anteriores, na forma de uma discussão teórica e de síntese dos resultados da pesquisa, de modo a realizar uma análise das transformações do relevo da área de estudo, considerando os fatores físicos/naturais (geologia,

geomorfologia, clima e vegetação) e históricos/sociais (histórico de ocupação, formas de uso e cobertura), de maneira a correlacionar ambos os fatores de forma integrada, lançando sobre eles as concepções de erosões de influência antrópica, formações de depósitos e terrenos tecnogênicos, e o Antropoceno como plano de fundo. Ou seja, buscando fazer um estudo integrado da relação sociedade-natureza, que são inerentes à ciência geográfica numa abordagem não dicotômica.

Área de estudo: contextualização geográfica, física e histórica

Presidente Prudente está localizada na Coordenada Central 22° 07'S e 51° 23'W, abrangendo uma área de 562,8 km², com uma população estimada em 231.953 habitantes (IBGE, 2021). Está situada no Planalto Ocidental Paulista, que corresponde a 50% do território do estado de São Paulo (Ross; Moroz, 1996).

Em sua geologia, predominam rochas sedimentares da Formação Adamantina (Grupo Bauru) inseridas na unidade Mesozoica, constituída por siltitos arenosos a argilosos e arenitos muito finos com matriz argilosa e arenitos finos a muito finos dispostos em bancos de pouca espessura e cimentação carbonática frequente (IPT, 1981). Apresentam-se maciços ou com estratificação plano-paralela, e subordinadas estratificações cruzadas internas de cores rosa, cinza e marrom (IPT, 1981; Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022). Os Sedimentos Aluvionares (Qa), localizados na unidade Cenozoica, manifestam-se como aluviões dispostos em planícies e terraços fluviais. Apresentam variação em sua composição, como areno-argilosa, com coberturas arenosas recentes, e com declive em direção ao Rio Paraná, configurando relevos estruturais (Bristrichi, 1981).

A vegetação pertence ao bioma Mata Atlântica, sendo a cobertura vegetal original composta por Floresta Estacional Semidecidual, e com formações ciliares (Aluviais) e submontanas, segundo o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE,2012).

Oliveira (1999), no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (escala de 1:500.000) identificou os 8 seguintes tipos de solos: Argissolos Vermelho-Amarelos; Argissolos Vermelhos; Latossolos Vermelhos; Nitossolos Vermelhos; Gleissolos Háplicos; Neossolos Quartzarênicos; Neossolos Flúvicos e Neossolos Litólicos. O município onde a área de estudo se situa,

do ponto de vista do relevo, clima e dos solos, apresenta alta suscetibilidade a processos erosivos, influenciados por fatores geomorfológicos e litológicos naturais (Boin, 2000; Fushimi, 2012).

No decorrer da história de ocupação do município, desde a chegada das frentes pioneiras e dos migrantes mineiros em meados dos séculos XIX e XX, houve uma intensa transformação do relevo, marcado pelo desmatamento, pela extração madeireira e queima de árvores, pela caça predatória e pelo estabelecimento de culturas desde café, algodão, cana-de-açúcar e amendoim. A chegada da estrada de ferro Alta Sorocabana em meados de 1920 deu suporte à implantação de um complexo industrial, com destaque às Indústrias Matarazzo, Anderson & Clayton, Instituto Brasileiro de Café (IBC) e à Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro (Sanbra). Deste modo, os solos foram intensamente explorados, enquanto a área urbana foi expandida sobremaneira para dar suporte ao crescimento populacional (Abreu, 1972; Branco, 2018; Costa, Ghirardello, 2017; Heiras *et al.*, 2014; Sposito, 1983; Whitacker, 2017).

Outro impacto do crescimento urbano e populacional (e do problema de gestão e planejamento) foi a alta produção de resíduos sólidos e rejeitos, seja dos frigoríficos e curtumes, ou dos resíduos sólidos domésticos da população e restos de construção civil, levando à criação de áreas de descarte irregular por várias partes do perímetro urbano e rural, como, por exemplo, em áreas de fundo de vale, voçorocas/áreas erodidas, ou na manutenção de estradas rurais (Nunes, 2002; Silva, 2011; Silva, 2009, 2012, 2017). Como explica Silva (2017), essas práticas foram responsáveis por provocar alterações no relevo, tanto de forma direta (depósitos de resíduos sólidos domésticos a céu aberto) quanto indireta (retirada da cobertura vegetal, ocasionando alteração nos processos hidrodinâmicos e erosivos).

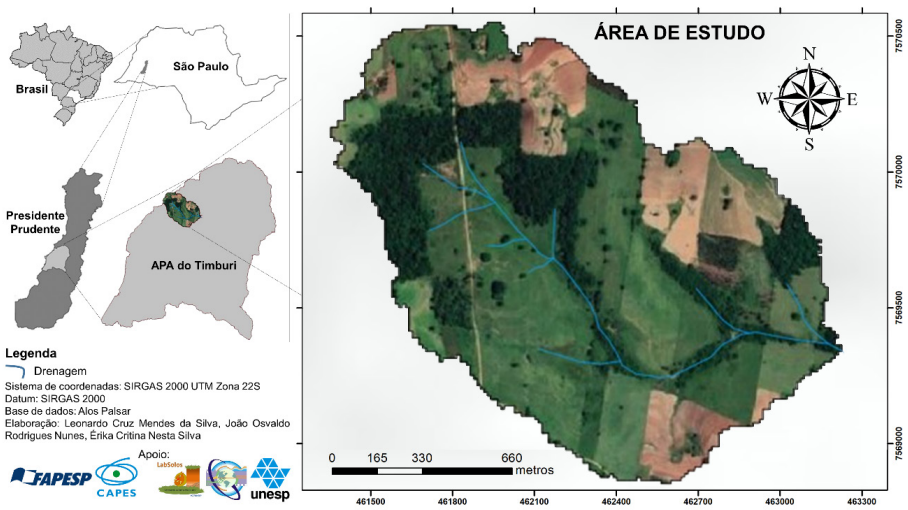
A gestão dos resíduos sólidos em Presidente Prudente representa um desafio contínuo. Nesse contexto se deu a criação da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, sendo a primeira APA estabelecida no município. Tal iniciativa resultou da colaboração entre os residentes dos assentamentos rurais do Timburi e 1º de Maio, com funcionários públicos e instituições de ensino superior, destacando-se a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCT/Unesp).

Após um intenso debate sobre a proposta de implementação de um aterro sanitário na Fazenda Santa Apolônia, localizada nas proximi-

dades dos assentamentos rurais (Lopes; Silva, 2022; Nunes *et al.*, 2021), a comunidade local manifestou-se contrária, argumentando que tal medida acarretaria impactos ambientais e prejudicaria diretamente a qualidade de vida e ambiental dos habitantes. Diante desse cenário, foi instituída APA do Timburi, por meio da Lei Complementar nº 235/19, com o propósito de adotar práticas de uso e manejo da terra mais adequadas e conscientes, e promover a recuperação de áreas degradadas.

Conforme Nunes *et al.* (2021), a área total da APA é de 4.608,2 hectares, englobando os assentamentos Timburi e 1º de Maio, possui cerca de 82 produtores rurais, cuja economia é baseada na agropecuária, com predomínio de pecuária de corte e leiteira e produção de hortaliças, frutas e batata-doce (Donaton, 2013). As ocorrências mais intensas de processos erosivos se dão nas cabeceiras de drenagens, em forma de anfiteatro, e nos terraços e planícies aluviais. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

Figura 1 – Área de estudo: zona rural, APA o Timburi, Presidente Prudente/SP



Fonte: elaborada pelos autores (2024)

Quanto a geologia e pedologia, a área de estudo é predominantemente constituída pela Formação Adamantina (Ka). Apresenta características de sedimentos Aluvionares (Qa) e indícios de início/final de uma fratura geológica. Segundo Nunes *et al.* (2021), trata-se de uma planície

aluvial cuja superfície é composta, em parte, por um complexo de Gleissolo Háplico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), além de Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), seguidos por uma camada abaixo constituída de Cobertura Cenozoica Aluvial. Quanto à geomorfologia, a área é caracterizada por vertentes e topos de colinas, com pouca cobertura vegetal, onde predominam, em geral, vegetação de gramíneas, com vestígios de vegetação arbórea e fragmentos de mata residual (Nunes *et al.*, 2021).

Do ponto de vista do histórico de uso e cobertura, mantêm-se o mesmo padrão das demais propriedades da APA. O local possui um misto de áreas de cultivo, neste caso ocupando áreas de topo do terreno, e pastagem para o gado nas áreas de planície. Destaca-se a estrada rural que cruza a parte a montante da área de estudo, a qual tem forte presença de fragmentos de materiais manufaturados (materiais de construção, polímeros e fibras sintéticas, bota-fora), além de possuir uma grande declividade em ambas as direções, convergindo na área de planície. Todos estes elementos levantados têm objetivo de proporcionar um amplo diagnóstico dos aspectos físicos e históricos da área de estudo, possibilitando uma visão do todo complexo que compõe direta e indiretamente as características do relevo da área de estudo.

Resultados e discussão

Em relação aos resultados da análise física, as oito amostras apresentaram maior presença da fração areia em comparação com as frações de argila e silte, caracterizando um solo de textura arenosa. Conforme o Diagrama de classes texturais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Ditzler; Scheffe; Monger, 2017), resultaram nas seguintes classes texturais: Franco-arenosa (três amostras); Areia-franca (três amostras) e Areia (duas amostras).

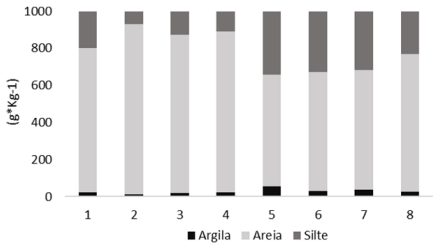
Sabe-se que a textura é um fator que influencia na resistência do solo à ação da erosão hídrica, e na quantidade de material transportada pela ação erosiva. Em terrenos arenosos há grande porosidade, e, embora isso favoreça a absorção/infiltração da água das chuvas, volumes intensos de água podem acarretar o deslocamento de grande quantidade de partículas (Bertoni; Lombardi Neto, 1999; Kämpf; Curi, 2015). Fushimi e Nunes (2022) constataram processos erosivos deflagrados em áreas com as mesmas características físicas, com cobertura predominante de gramíneas em área de pastagem.

Sobre as análises químicas, observou-se os valores obtidos dos teores de pH; matéria orgânica (MO); fósforo (P); potássio (K); cálcio (Ca); magnésio (Mg); alumínio (Al); capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%). O pH obtido de 5,4 indicou solo moderadamente ácido. Tal resultado se deve à baixa capacidade de terrenos arenosos de reter bases (Ca2+, Mg2+ e K2+). Os valores resultantes de fósforo (P), soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) e teor de argila foram considerados condizentes com tipo de uso e cobertura. Em um estudo feito por Santos *et al.* (2017), observou-se a presença semelhante de matéria orgânica e carbono orgânico numa uma área com características de uso e cobertura semelhantes.

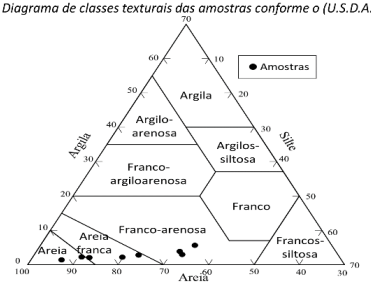
Quanto ao ensaio de permeabilidade com Permeâmetro de Gueph, foi calculada a condutividade hidráulica saturada em campo – Kfs (cm/s), conforme Ditzler *et al.* (2017), e a classe de permeabilidade resultante foi de lenta à moderada, indicando um terreno com pouca capacidade de drenagem. Tal resultado condiz com a constatação de processo de encharcamento excessivo do terreno observado em campo (Lopes; Silva, 2022; Silva, 2024). A Figura 2 mostra um mosaico com os resultados de todos os procedimentos citados.

Figura 2 – Resultados das análises física, química, e classe de permeabilidade do solo

A) *Distribuição das frações granulométricas das amostras*



B) *Diagrama de classes texturais das amostras conforme o (U.S.D.A.).*



C) *Atributos químicos gerais da amostra composta*

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	CO	SB	T	
(CaCl2)	Mg dm-3		mmolc dm-3				g kg-1		mmolc dm-3		
5,40	19,60	1,10	25,00	9,00	0,00	17,30	11,90	6,90	35,10	52,40	
Relações entre bases:			Participação na CTC do solo (%):							V	m
Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca	Mg	K	H+Al	Ca+Mg	Ca+Mg+K	%	
2,80	22,70	8,20	30,90	47,70	17,20	2,10	33,00	64,90	67,00	67,00	0,00

D) *Classe de permeabilidade do solo da área de estudo*

Tipo de solo	Solos que são tanto de textura fina (argila ou silte) como sem estrutura, também podem ser inclusas algumas areias finas
Kfs – condutibilidade hidráulica saturada em campo (cm/s) – melhor valor	1,06E-04
Classe de permeabilidade (Soil Survey Staff, 1993)	Lenta a moderada

Elaboração: Leonardo Cruz Mendes da Silva (2024) Financiamento: FAPESP CAPES Apoio: Labfolos unesp

Fonte: elaborado por Leonardo Cruz Mendes da Silva (2024)

Os barramentos, por sua vez, se mostraram eficazes na resistência à ação da água pela quebra da energia cinética, promovendo a retenção dos

sedimentos e do material transportado pela água no interior das erosões (folhas, gravetos e até pequenos galhos). Destaca-se o fato de que não houve cercamento ao redor dos barramentos, e o gado teve acesso total a área de estudo, o que certamente afetou o potencial regenerativo da vegetação pelo consumo da gramínea e pisoteio. Todavia, os barramentos se mostraram muito resistentes, e a vegetação se incorporou a eles ao longo dos anos.

A Figura 3 mostra o processo de estabilização das ravinas ao longo dos anos. Desde a instalação dos barramentos e o monitoramento das ravinas, percebe-se que a vegetação adquiriu maior fixação à superfície das erosões, e as estruturas gradualmente se integraram à própria vegetação até o ponto de tornarem-se quase totalmente imperceptíveis. É importante salientar que, em 2024, os barramentos ainda estão fixos nos mesmos lugares, e continuam promovendo a quebra da energia cinética da água.

Figura 3 – Estabilização da vegetação no interior das ravinas entre os anos de 2020 a 2024

Fonte: elaborado por Leonardo Cruz Mendes da Silva (2024)

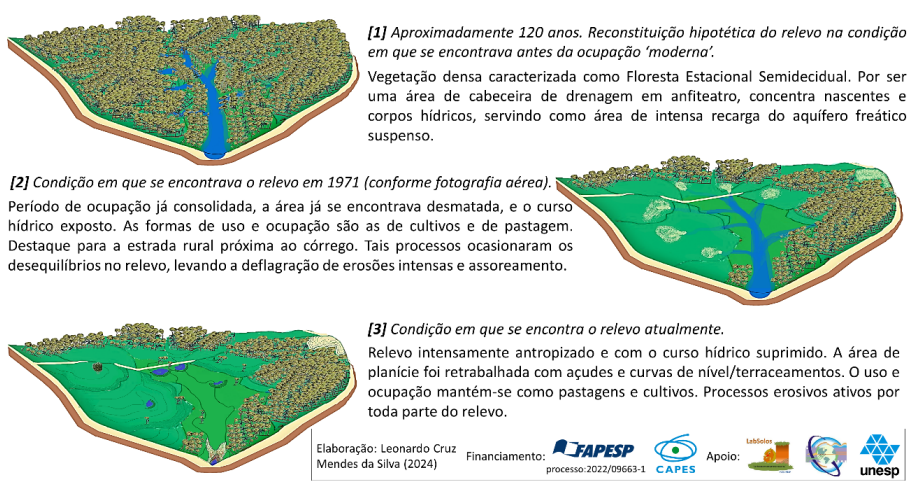
A utilização de técnicas de bioengenharia como alternativa para a recuperação de áreas degradadas se mostra um mecanismo eficaz, sendo necessário o incentivo à utilização dessas técnicas em pesquisas do tipo. Essa técnica serve tanto para erosões em áreas rurais quanto em áreas urbanas, como demonstrado por Mathias e Cunha (2013), que

trabalharam numa voçoroca localizada em área periurbana do município de Tucuruzinho – SP. Vale destacar a importância da manutenção e do monitoramento constante, para que haja um melhor resultado possível.

Deste modo, assume-se que há uma complexidade na interpretação do relevo, que se expressa a partir do momento em que a investigação das características físicas (geologia, pedologia, clima e geomorfologia) não consegue explicar completamente o relevo, sem que seja necessário lançar mão do estudo do processo histórico por trás da formação da configuração atual. Tão importante quanto entender os processos erosivos que estão entalhando o relevo atualmente é entender que a área de estudo, num curto espaço de tempo, alterou-se drasticamente pelo mesmo processo, e pelo mesmo fator: a influência antrópica.

A Figura 4 é uma representação simplificada dos processos que levaram a formação do relevo atual (Silva, 2024). Conforme foi exposto anteriormente, a área de estudo tratava-se originalmente de uma planície fluvial, e, portanto, possuía um curso hídrico ativo no relevo. O fato é que atualmente este córrego não existe mais, e tem-se em seu lugar uma planície aluvial tecnogênica. Tal processo não poderia ser inferido sem que fosse lançado mão de uma pesquisa histórica da área de estudo, e nesse sentido, a conversa com os moradores do assentamento, e a obtenção da imagem aérea de 1971 foram fundamentais para o resgate histórico da evolução do relevo.

Figura 4 – Hipótese das alterações do relevo que levaram à formação do terreno tecnogênico



Fonte: elaborado por Leonardo Cruz Mendes da Silva, baseado em Silva (2024)

Toda essa discussão mostra como a interpretação das transformações do relevo é uma tarefa complexa, na medida em que se restringe a escala ao maior nível de detalhes; (escala local), os diversos aspectos físicos/ambientais (geologia, geomorfologia, clima e vegetação) e históricos/sociais (histórico de ocupação, formas de uso e cobertura) se integram revelando novos processos que transpassam a rigidez de alguns conceitos ligados a escala de tempo mais "profunda", e demandam uma maior consideração do fator antrópico, e do próprio ser humano como agente ativo na transformação do relevo.

Esta concepção denota a potencialidade de trabalhar os conceitos de terrenos e depósitos tecnogênicos bem como do Antropoceno, por auxiliar na compreensão de certas formas e processos recentes do relevo, além de possibilitar uma integração do ponto de vista prático com estudos ambientais e a conscientização ambiental, como, por exemplo, por meio da vinculação desta pesquisa com técnicas de bioengenharia, envolvendo diretamente os sujeitos que fazem parte do local de estudo.

Considerações finais

A presente pesquisa revelou que os processos erosivos intensificados pela ação antrópica alteraram drasticamente o relevo da área de estudo, de maneira a transformar uma planície fluvial em uma planície aluvial e tecnogênica, os dados históricos revelaram que as razões dessas alterações estão ligadas ao uso e ocupação, com forte influência da estrada rural. As metodologias se mostraram validas para o presente diagnóstico, fornecendo dados necessários para tal conclusão.

Uma vez delimitadas as erosões ativas no terreno, a intervenção por meio da bioengenharia foi fundamental para a contenção e estabilização dos processos erosivos lineares, além de cumprir com o objetivo prático, esta metodologia se mostrou importante ferramenta de conscientização e educação ambiental, fomentando as práticas de manejo do solo mais conscientes, dada a importância deste bem natural.

Este trabalho não esgota os resultados da pesquisa, destacando que a abordagem tecnogênica é fundamental para a compreensão mais aprofundada dos processos e dinâmicas da área de estudo. A partir deste ponto, evidencia-se a influência antrópica na transformação do relevo, e a abordagem tecnogênica surge como uma potencialidade para avançar

na investigação, tal qual a ideia do Antropoceno. Evidencia-se também a importância de tomar os aspectos físicos/naturais e humanos de forma integrada, evitando dicotomias.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp, processo 2022/09663-1 e processo 2019/21885-7. "As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP".

Referências

ABREU, D. S. **Formação histórica de uma cidade pioneira paulista**. Presidente Prudente: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Presidente Prudente, 1972.

AGUIAR, A. B. **O emprego do permeâmetro de Guelph na determinação da permeabilidade do solo, de camadas de lixo e sua cobertura**. 2001. Tese (Doutorado de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

ARAÚJO-FILHO, R. N.; HOLANDA, F. S. R.; ANDRADE, K. R. Implantação de técnicas de bioengenharia de solos no controle da erosão no baixo São Francisco, estado de Sergipe. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 9, n. 7 (a), p. 1-9, 2013. Disponível em: https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/1029. Acesso em: 1 ago. 2021.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no oeste paulista**: uma análise climatológica aplicada. 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

BRANCO, M. S. **Reminiscências urbanas**: o caso da Sanbra em Presidente Prudente. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura

e Urbanismo) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2018. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/203366. Acesso em: 15 mar. 2020.

BRISTRICHI, C. A. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**: 1:1.000.000. São Paulo: IPT, 1981. v. 2.

CHEMEKOV, Y. F. Technogenic deposits. *In*: INQUA CONGRESS, 11, Moscow, **Abstratcs** [...]. 1983. v. 3, p. 62.

COSTA, B. E. D.; GHIRARDELLO, N. **Tombamento como instrumento de preservação arquitetônica**: estudo de caso da Sanbra de Presidente Prudente. Trabalho apresentado ao Congresso Nacional para Salvaguarda do Patrimônio Cultural: fronteiras do patrimônio: preservação como fortalecimento das identidades e da democracia, 1., 3 a 7 de outubro de 2017, Cuiabá, Brasil.

CRUTZEN, P. J. Geology of mankind. **Nature**, Londres, v. 415, p. 23, 2002.

CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. The anthropocene. **IGBP Global Change News**, Estocolmo, n. 41, p. 17-18, 2000.

CURCIO, G. R.; LIMA, V. C.; GIAROLA, N. F. B. **Antropossolos: proposta de ordem (1ª aproximação)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004.

DIAS, M. B. G. **Depósitos tecnogênicos na região noroeste de Goiânia (GO)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/127689. Acesso em: 15 jan. 2022.

DITZLER, C.; SCHEFFE, K.; MONGER, H. C. **Soil survey manual. Soil science division staff**. USDA Handbook 18. Government printing office, Washington, D. C. 2017. Disponível em: https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/soil-survey-manual. 01. Acesso em: 18 jun. 2024.

DONATON, G. **Estratégias de reprodução social e econômica em pequenas unidades produtivas rurais**: o caso dos bairros rurais 1º de Maio/Timburi e Ponte Alta/córrego da Onça no município de Presidente Prudente (SP). 2013. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R. Vulnerabilidade aos sulcos e ravinas em setores de gramínea de Presidente Prudente-SP como subsídio ao planejamento ambiental. **Geofronter**, Campo Grande, v. 8, p. 1-19, 2022.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

HEIRAS, A. C. *et al.* Vazios urbanos: quadrilátero central de Presidente Prudente – SP. **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, v. 11, n. especial, p. 261-268, jul./dez. 2014.

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. *In*: IBGE, **Manuais técnicos em geociências**. 2. ed. revista e ampliada. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. n. 1, 275 p.

IBGE. **População estimada**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidente-prudente/panorama. Acesso em: 20 jun. 2021.

KÄMPF, N.; CURI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. *In*: KER, J. C. *et al.* (ed.). **Pedologia**: fundamentos. Viçosa, MG: SBCS, 2015. p.1-20.

LEMOS, R. C.; SANTOS, D. S. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1996.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LOPES, G. F.; SILVA, L. C. M. **Recuperação de área degradada por meio de técnicas de bioengenharia na área de proteção ambiental do Timburi, Presidente Prudente-SP**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2022. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/242610. Acesso em: 11 mar. 2022.

LUZ, L. M.; SANTOS MARCAL, M. A perspectiva geográfica do antropoceno. **Revista de Geografia**, Recife, v. 33, n. 2, p. 143-160, 2016.

MARSHALL, M. G. *et al.* Annual-scale assessment of mid-20th century anthropogenic impacts on the algal ecology of Crawford Lake, Ontario, Canada. **PeerJ**, [*S. l.*], v. 11, p. e14847, 2023.

MATHIAS, D. T.; CUNHA, C. M. L. Propostas de dispositivos em bioengenharia para contenção erosiva e recuperação de áreas peri-urbanas degradadas. **Geografia**, Rio Claro, v. 38, n. 1, p. 157-173, 2013.

NUNES, J. O. R. **Recuperação de áreas degradadas da área de proteção ambiental de uso sustentável no Timburi, município de Presidente Prudente/SP**. Presidente Prudente: Fapesp, 2021.

NUNES, J. O. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente-SP**. 2002. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2002.

OLIVEIRA, A. M. S. A abordagem geotecnogênica: a geologia de engenharia no quinário. *In*: BITAR, O. Y. (coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE; IPT, 1995. p. 231-241.

OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos tecnogênicos associados a erosão atual. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6., 1990, Salvador, Cobramsef, 9. **Anais** [...]. Salvador: ABGE; ABMS, 1990. p. 411-416.

OLIVEIRA, A. M. S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios**: exemplo do reservatório de capivara, rio Paranapanema. 1994. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/000739518. Acesso em: 10 jan. 2022.

OLIVEIRA, A. M. S.; PELOGGIA, A. U. G. The anthropocene and the technogene: stratigraphic temporal implications of the geological action of humankind. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 103-111, 2014.

OLIVEIRA, J. B. **Solos do estado de São Paulo**: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agronômico, 1999.

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**. Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 16, p. 24-31, 2005.

PELOGGIA, A. U. G. **Delineação e aprofundamento temático da geologia do tecnógeno do município de São Paulo**: as conseqüências geológicas da ação do homem sobre a natureza e as determinações geológicas da ação humana em suas particularidades referentes à precária ocupação urbana. 1996. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PELOGGIA, A. U. G. O antropoceno: uma introdução aos conceitos e significados. **Revista do ILP**, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 68-70, 2021.

PELOGGIA, A. U. G. O problema estratigráfico dos depósitos tecnogênicos. *In:* Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Recife. **Anais** [...]. Recife, ABEQUA, 2003.

PELOGGIA, A. U. G. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. **Revista Geociências-UNG-Ser**, Guarulhos, v. 16, n. 1, p. 102-127, 2017.

PELOGGIA, A. U. G. Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografação dos solos e depósitos tecnogênicos. *In*: PELOGGIA A. U. G. (org.). **Estudos de geotécnica e geologia urbana (I)**. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo; GT-Geotec, 1999. p. 35-50.

RIMES, L. A. G.; MIGUEZ, M. G.; AVELAR, A. S. Ensaio de permeabilidade para sistemas de drenagem sustentável. *In*: **Águas urbanas**: um tema multidisciplinar. São Paulo: Enau, 2014. Encontro Nacional de Águas Urbanas, 10., 2014.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista de Departamento de Geografia**, n. 10, p. 41-58, 1996. Disponível em: https://doi.org/10.7154/RDG.1996.0010.0004. Acesso em: 18 abr. 2025.

SANTOS, F. A. *et al.* Microplasticrusts on the remote Trindade Island-Brazil [Abstract]. *In*: MICRO2020 INTERNATIONAL CONFERENCE. **Proceedings** [...], [*S. l.*], [recurso eletrônico], 2020.

SANTOS, F. A. S. *et al.* Dinâmica do carbono orgânico de solos sob pastagens em Campos de Murundus. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 43-53, abr./jun. 2017. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/995/99551919005.pdf. Acesso em: 10 out. 2021.

SANTOS, R. D. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SCHMEIER, N. P. Bioengenharia de solos: uma alternativa à recuperação de áreas degradadas. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 5, n. 4, p. 127-130, 2013.

SILVA, E. C. N. **Formação de depósitos tecnogênicos e relações com o uso e ocupação do solo no perímetro urbano de Presidente Prudente – SP**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

SILVA, E. C. N. **Formação de depósitos tecnogênicos nas proximidades do conjunto habitacional Jardim Humberto Salvador e Augusto de Paula na cidade de Presidente Prudente – SP**. 2009. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2009.

SILVA, E. C. N. **Reconstituição geomorfológica do relevo tecnogênico em Presidente Prudente-SP**. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017.

SILVA, L. C. M. **Identificação de terreno tecnogênico em área rural localizada na APA do Timburi – Presidente Prudente – SP**. 2024. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2024.

SILVA, L. C. M.; LOPES, G. F.; NUNES, J. O. R. Contenção e estabilização de erosões lineares por meio de técnicas de bioengenharia em propriedade da área de proteção ambiental do Timburi, Presidente Prudente-SP. **Geografar**: Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 351-374, 2023. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/91531/51243. Acesso em: 28 dez. 2023.

SILVA, L. J. P.. **Estudo sobre depósitos tecnogênicos no entorno da represa da Sabesp em Presidente Prudente-SP**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/121231. Acesso em: 6 jan. 2022.

SOLERA, M. L. *et al.* Bioengenharia de solos: aplicabilidade na recuperação de áreas mineradas e na oferta de serviços ambientais. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, [*S. l.*], n. 34, p. 46-59, 2014.

SPOSITO, M. E. B. **O chão em Presidente Prudente**: a lógica da expansão territorial urbana. 1983. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1983. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/202451. Acesso em: 5 jun. 2020.

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A natureza da geografia física na geografia. **Revista Terra Livre**, São Paulo, n. 17, p. 11-23, 2. sem. 2001. Disponível em: http://www.agb.org.br/files/TL_N17.pdf. Acesso em: 11 maio 2021.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TER-STEPANIAN G. Did the quinary start? *In*: INQUA CONGRESS, 11., Moscow. **Abstracts [...]**. Moscow, 1983. p.260.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of a new period: the Technogene. *In*: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 29., 1992, Kyoto. **Proceedings** [...]. Utrecht: VSP, 1994. Part B, p. 286-288.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the technogene. **Bulletin I.A.E.G.**, [*S. l.*], v. 38, n. 1, p. 133-142, 1988.

VERDUM, R.; VIEIRA, C. L.; CANEPPELE, J. C. G. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. Porto Alegre: Igeo; UFRGS, 2016.

WATERS, C. N. *et al.* Global boundary stratotype section and point (GSSP) for the Anthropocene series: where and how to look for potential candidates. **Earth-Science Reviews**, [*S. l.*], v. 178, p. 379-429, 2018.

WATERS, C. N. *et al*. Candidate sites and other reference sections for the Global boundary Stratotype Section and Point of the Anthropocene series. **The Anthropocene Review**, [*S. l.*], v. 10, n. 1, p. 3-24, 2023.

WATERS, C. N. *et al*. The anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the holocene. **Science**, Washington, D.C., v. 351, n. 6.269, p. aad2622, 2016.

WHITACKER, A. M. Origem do núcleo urbano e expansão territorial de Presidente Prudente. *In*: NUNES, J. O. R. (coord.) **Atlas ambiental escolar de Presidente Prudente**. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017. Formação socioespacial – espaço urbano. n.p. Disponível em: http://portaldoprofessor.fct.unesp.br:9000/topico/formacao-socioespacial/. Acesso em: mar. 2023.

TÉCNICAS DE MAPEAMENTO DO RELEVO: ESTUDO DE CASO NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CEROULA, MATO GROSSO DO SUL[20]

Melina Fushimi
Viviane Capoane

Introdução

O mapa geomorfológico é uma importante ferramenta que subsidia a análise e a compreensão dos processos e das formas de relevo sob o contexto geográfico e ambiental. Segundo Tricart (1965), o mapa geomorfológico constitui a base, sendo um instrumento que direciona a pesquisa, e não somente sua concretização gráfica.

No atual momento histórico, os mapeamentos geomorfológicos vêm se preocupando com novas abordagens na perspectiva das geotecnologias, com a busca de uma instrumentalização técnica mediante o resgate e a superação de mapeamentos clássicos utilizando imagens de satélite e Sistemas de Informação Geográfica (Suertegaray, 2018).

Em meio às formas clássicas de representação do relevo, Verstappen e Van Zuidam (1975) destacam o uso de fotografias aéreas que possibilitam o registro detalhado da superfície terrestre.

Com o desenvolvimento de técnicas computacionais em ambiente digital, tem-se a possibilidade de interpretação de fotografias ou imagens aéreas baseadas no método anáglifo, o qual "resulta da sobreposição de fotografias estereoscópicas em cores complementares (vermelho e azul-esverdeado), que observado com o uso de óculos especiais de lentes coloridas provoca a percepção de profundidade" (Souza; Oliveira, 2012, p. 1349). A possibilidade de visualização em Três Dimensões (3D) permite a identificação de informações geomorfológicas, subsidiando a interpretação dos compartimentos e feições de relevo e a elaboração de documentos cartográficos mais precisos.

[20] Publicado originalmente na *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 4, 2023.

Em relação aos métodos de classificação automatizada do relevo, têm-se os geomorphons e o Índice de Posição Topográfica (IPT). O método geomorphons (Jasiewicz; Stepinski, 2013; Stepinski; Jasiewicz, 2011) utiliza um conjunto finito de 498 geomorphons que engloba de maneira completa e exaustiva todos os tipos morfológicos possíveis do terreno, incluindo elementos padrão da paisagem, bem como formas menos familiares raramente encontradas em superfícies terrestres naturais. Ao aplicar uma única varredura em um Modelo Digital de Elevação (MDE), o método atribui um geomorphon apropriado a cada célula na grade, usando um procedimento que se adapta automaticamente para identificar a escala espacial mais adequada em cada localização (Jasiewicz; Stepinski, 2013). A partir desses padrões, a forma de relevo pode ser classificada em um dos dez geomorphons mais comumente reconhecíveis, sendo eles: cume, crista, ombro, espora, encosta, concavidade, sopé, vale, depressão e plano[21].

O Índice de Posição Topográfica baseia-se na análise da topografia de uma determinada área considerando a diferença entre a elevação de um ponto específico e a média das elevações ao redor desse ponto, dentro de uma determinada janela ou área de análise (Guisan; Weiss; Weiss, 1999). Essencialmente, o IPT representa a diferença entre a elevação de um ponto e a média local das elevações, auxiliando a caracterização da posição relativa de um ponto em relação ao seu entorno imediato. Na classificação automatizada do relevo, este método discretiza diferentes formas de terreno, como cumes altos, cumes de meia encosta, cumes locais, encostas superiores, encostas abertas, planícies, vales, drenagens de terras altas, drenagens de encostas médias e córregos.

Além das técnicas de mapeamento do relevo, Suertegaray (2018) afirma que os estudos geomorfológicos também vêm se preocupando com a busca da ampliação do entendimento de processo geomorfológico, incorporando a atuação antropogênica. Sob esse entendimento, os usos e coberturas da terra são aspectos relevantes a serem considerados nos processos morfodinâmicos.

Nesse sentido, o objetivo do presente capítulo foi apresentar técnicas de mapeamento do relevo como subsídio à análise dos usos e coberturas da terra no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul.

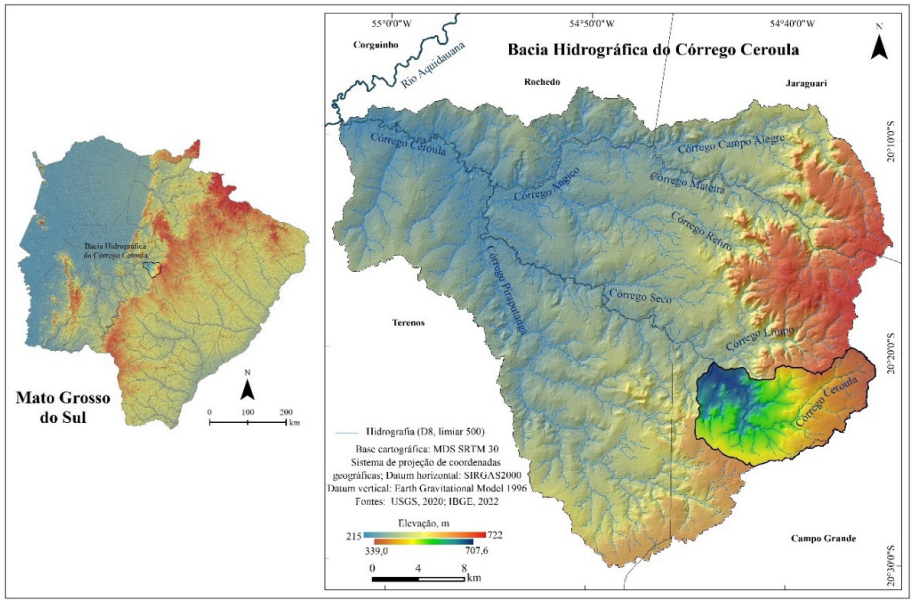
[21] Detalhes sobre os cálculos dos geomorphons podem ser encontrados em Jasiewicz e Stepinski (2013).

Metodologia

Localização e caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do córrego Ceroula possui área de 1.270,64 km² e está localizada na região Centro-Oeste do Brasil, estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1), nos municípios de Campo Grande (43,3%), Terenos (36,4%), Rochedo (11,4%) e Jaraguari (7,9%) (Capoane; Carvalhal, 2024). A área de estudo corresponde ao alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula até a confluência com o córrego Limpo.

Figura 1 – Contexto geográfico da bacia hidrográfica do córrego Ceroula/MS



Fontes: USGS (2020) e IBGE (2021). Elaboração: Capoane (2024)

Em relação aos aspectos físicos, a litologia é predominantemente composta pela Formação Serra Geral, seguida do Grupo Caiuá. Geomorfologicamente, a área situa-se na transição entre o planalto e a escarpa, apresentando as seguintes unidades: Planalto Sul-Mato-Grossense (54,6%); Planalto de Campo Grande (27,8%); e Planalto Dissecado da Borda Ocidental da Bacia do Paraná (17,6%) (IBGE, 2021). As altitudes variam de 339,0

a 707,6 metros, com amplitude de 368,6 metros, e os declives de 0,003% a 85,4%, com média de 7,3%. As áreas mais íngremes estão associadas à escarpa e ao relevo dissecado pela rede de drenagem.

A classe de solo predominante é o Latossolo Vermelho (78,7%), associada aos basaltos da Formação Serra Geral, enquanto o Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) se relaciona aos arenitos do Grupo Caiuá e o Neossolo Litólico Eutrófico à escarpa, ocupando área de 8,0% e 13,4%, respectivamente (Motta *et al.*, 2013). O clima é classificado como tropical savânico (Alvares *et al.*, 2014), com temperatura média de 18° C, sendo o inverno a estação mais seca, com menor precipitação registrada nos meses de julho e agosto (Cemtec, 2024).

No aspecto hidrográfico, o córrego Ceroula é um tributário do rio Aquidauana, que, por sua vez, é afluente do rio Miranda, desaguando no rio Paraguai. A vegetação natural é caracterizada pela ecorregião do Cerrado (Sano *et al.*, 2019), com os remanescentes florestais mais representativos em área e preservação localizados nas áreas íngremes da escarpa do planalto (Carvalhal; Capoane, 2022).

A atividade econômica dominante é a agricultura, destacando-se especialmente a pecuária de corte, e mais recentemente, a introdução da cultura de soja. As propriedades de grande porte focam a produção de carne e soja, principalmente para exportação, enquanto a agricultura familiar se concentra na produção de alimentos, como hortaliças, legumes e tubérculos, destinados principalmente à cidade de Campo Grande (Capoane; Carvalhal, 2024; Carvalhal; Capoane, 2022). Segundo os autores, também estão presentes as atividades pesqueiras, de turismo e de extração mineral.

Dados cartográficos

A base cartográfica utilizada para a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) foi o levantamento aerofotogramétrico de Campo Grande de 2008 nas escalas 1:10.000 na área rural e 1:2.000 na área urbana. Os dados planialtimétricos foram obtidos no site da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano no ano de 2020 (Campo Grande, 2020).

Os dados planialtimétricos foram interpolados no software ArcMap 10.8.2 (licença para a segunda autora). O interpolador utilizado para a

geração do MDE foi o Topo to Raster (Hutchinson, 1989; Hutchinson; Xu; Stein, 2011) e a resolução espacial de saída foi de 5 m. A escolha dessa escala espacial baseou-se nos trabalhos de Hancock, Martinez e Wells (2007); Hancock, Willgoose e Evans (2002). Embora na área urbana a equidistância das curvas de nível seja de 1 m, para a interpolação do MDE foram utilizadas somente as curvas de nível mestras, com equidistância de 5 m. Os pontos cotados do perímetro urbano também não foram utilizados na interpolação, pois a grande escala cartográfica dos dados pode resultar em ruído, como demonstra o trabalho de Amorim e Capoane (2022), que utilizaram a mesma base cartográfica.

Mapeamento do relevo: método anáglifo

O relevo foi espacializado com a elaboração do mapa geomorfológico a partir do método anáglifo, da fotointerpretação e de imagens do Google Earth Pro nos programas StereoPhoto Maker e ArcMap 10.8.2, conforme procedimentos metodológicos realizados por Pedro Miyazaki e Oliveira (2020). De acordo com Silva *et al.* (2017), o uso de anáglifos gerados a partir de imagens do Google Earth, de acesso gratuito e que permite a visualização de imagens de todo o planeta em composição *Red Green Blue* (RGB), possibilita que qualquer área possa ser mapeada.

Para visualização estereoscópica do relevo, os anáglifos foram gerados e ajustados em vermelho-ciano no StereoPhoto Maker, e, utilizando óculos com lentes nas cores vermelho e ciano, tem-se a percepção de profundidade.

As imagens obtidas foram importadas no ArcMap, georreferenciadas, e os seguintes compartimentos de relevo e feições geomorfológicas foram identificados e vetorizados, nesta ordem, por meio da estereoscopia digital: linha de divisor de águas, topos, planícies aluviais e alvéolos, cabeceiras de drenagem em anfiteatro, colos topográficos, morfologias das vertentes (côncavas, convexas e retilíneas), morfologias dos fundos de vale (em V e plano) e erosões lineares (sulcos, ravinas e voçorocas).

A legenda foi elaborada com base nos trabalhos de Tricart (1965), abrangendo a 6ª unidade taxonômica 10^{-2} (Moreira *et al.*, 2020; Verstappen; Van Zuidam, 1975), e nos mapas geomorfológicos de Presidente Prudente/SP (Nunes, Freire, Peres, 2006) e de parte dos municípios de Marabá Paulista/SP e Presidente Epitácio/SP (Fushimi; Nunes; Hasegawa, 2017).

Ao compreender a bacia hidrográfica como uma área drenada por um rio principal, seus afluentes e subafluentes permanentes ou intermitentes, que inclui, além dos cursos d'água hierarquizados, cabeceiras de drenagem ou nascentes, divisores de água e foz (Santos, 2004), o limite do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula foi, em um primeiro momento, delimitado de forma automatizada (*Watershed*) e, em seguida, refinado com base nos mapeamentos dos compartimentos de relevo e das feições geomorfológicas.

O mapa clinográfico foi gerado utilizando-se uma estrutura de grade triangular *Triangular Irregular Networks* (TIN), com as ferramentas *Create TIN From Features → TIN to Raster → Face slope with graduated color ramp*. As classes de declividade foram definidas diante dos intervalos propostos pela Embrapa (1979), adaptando-se as inclinações do terreno para a área de estudo. A criação do interpolador TIN também possibilitou o traçado dos perfis topográficos por meio das funções *Interpolate Line → Profile Graph*.

Mapeamento do relevo: métodos geomorphons e Índice de Posição Topográfica (IPT)

No software SAGA GIS, versão 9.3.1. (Conrad *et al.*, 2015), utilizando o módulo *Terrain Analyses → Lighting, Visibility → Geomorphons*; e *Terrain Analyses → Morphometry → TPI-Based Landform Classification*, foi feita a classificação automatizada do relevo. O módulo geomorphons do SAGA GIS delineia as dez unidades de relevo mais universalmente aceitas, aplicando um algoritmo de reconhecimento de padrão que se baseia em um raio de busca de vizinhança local a partir de um ponto focal central (Jasiewicz; Stepinski, 2013; Stepinski; Jasiewicz, 2011). Para o IPT, o parâmetro de largura de banda para ponderação de distância no SAGA GIS 9.3.1 é dado como porcentagem do raio (externo).

A extração do limite do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula também foi feita de forma automatizada, utilizando-se a ferramenta *Spatial Analyst Tools* (*Fill → Flow Direction – D8 → Flow Accumulation – D8*, *Conditional – limiar 1.000*, *Conversion Tools – Raster to Polyline → Feature to Point → Watershed*). O MDE com as depressões preenchidas (*Fill*) foi utilizado unicamente para a delimitação da bacia, pois, conforme Lindsay e Creed (2005), o preenchimento de depressões em MDEs e Modelos Digitais de Superfície [por exemplo, *Shuttle Radar Topography Mission*

(SRTM)] altera significativamente a distribuição espacial e a estatística dos atributos do terreno derivados.

Trabalhos de campo

Após o mapeamento do relevo utilizando diferentes métodos de classificação, foram realizados trabalhos de campo, com o objetivo de validar e complementar os dados obtidos por meio dessas abordagens. Os trabalhos de campo visaram não apenas verificar a precisão dos dados gerados pelos métodos de sensoriamento remoto, mas também capturar (câmera fotográfica e drone) informações detalhadas sobre as características do terreno que podem não ter sido totalmente capturadas pelas técnicas de processamento digital.

Durante os trabalhos de campo, foram realizadas observações diretas do relevo, incluindo a análise de sua morfologia, textura e características pedológicas e litológicas. Além disso, foram coletados dados sobre a vegetação, os usos da terra e os padrões de ocupação humana na área de estudo. Essas informações são essenciais para compreender a relação entre as características do relevo e os diferentes usos e coberturas da terra no recorte de pesquisa.

Para complementar as observações de campo, foram levantados pontos representativos de observação, onde foram realizadas medições detalhadas e coletados dados específicos sobre as características do relevo e da paisagem circundante. Esses pontos de observação foram estrategicamente selecionados para capturar uma amostragem representativa da variabilidade do relevo e dos diferentes tipos de usos da terra na área de estudo.

Resultados e discussão

A partir do método anáglifo, elaborou-se o mapa geomorfológico do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula/MS (Figura 2) e, complementarmente, o mapa clinográfico da área de estudo (Figura 3), onde foram identificados três principais compartimentos de relevo e as seguintes feições geomorfológicas:

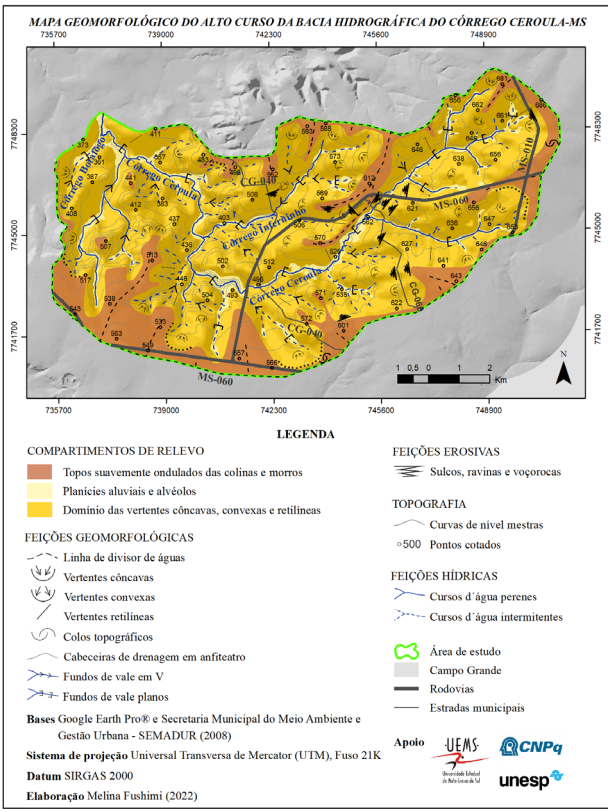
Topos suavemente ondulados das colinas e morros (21,16% da área total), com a presença de colos topográficos e linha de divisor de águas. Em geral, os topos são tabulares a convexizados e as declividades suaves onduladas, de 0% a 8%.

Domínio das vertentes de morfologias côncavas, convexas e retilíneas (73,22% da área total). As declividades apresentam-se de 0% a acima de 45%, ou seja, variam de vertentes pouco íngremes a vertentes de declividades acentuadas. Em algumas vertentes côncavas, têm-se cabeceiras de drenagem em formato de anfiteatro, onde se localizam as nascentes.

Planícies aluviais e alvéolos (5,62% da área total), em que os fundos de vale são planos (em berço), com declividades entre 0% e 3%. Na ausência de planícies aluviais e alvéolos, os fundos de vale são encaixados (em V), cujas inclinações aumentam até 20%.

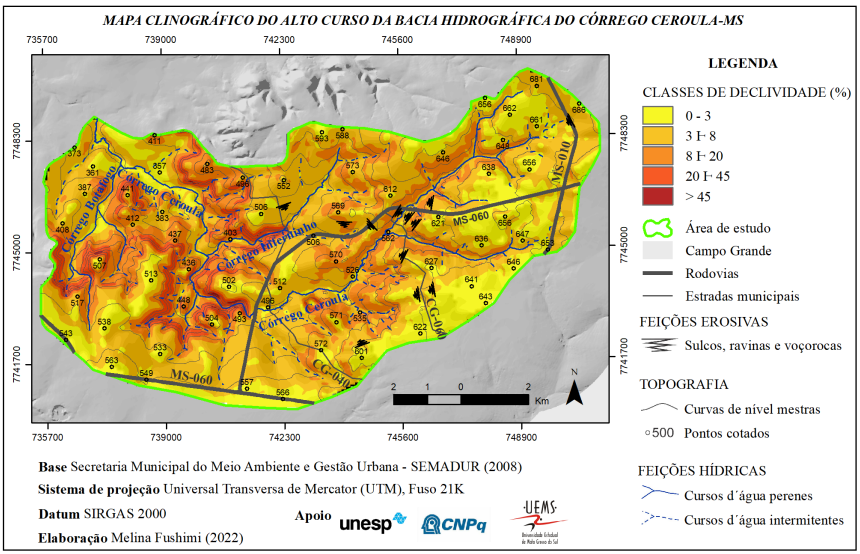
Para auxiliar a caracterização e a diferenciação dos padrões do relevo, foram elaborados dois perfis topográficos (perfil A-B e perfil C-D), ambos no sentido Oeste-Leste, conforme demonstra a Figura 4:

Figura 2 – Mapa geomorfológico do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula/MS



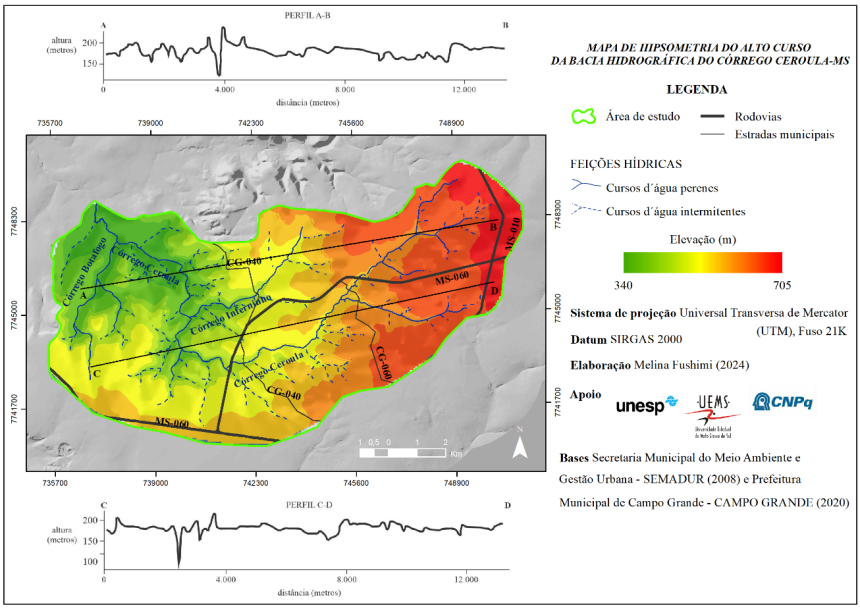
Fonte: Fushimi e Capoane (2023)

Figura 3 – Mapa clinográfico do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula/MS



Fonte: Fushimi e Capoane (2023)

Figura 4 – Perfis topográficos (A-B e C-D) e sua localização no mapa de hipsometria do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula/MS



Fonte: elaboração de Fushimi (2024)

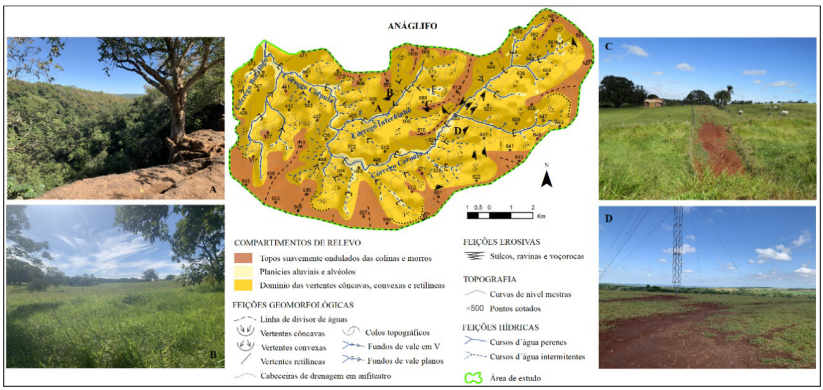
Com base no mapa geomorfológico, no mapa clinográfico, nos perfis topográficos, e também em trabalhos de campo, foi possível reconhecer dois principais padrões de relevo: colinas dissecadas com a presença de morros testemunhos e colinas amplas suavemente onduladas.

De modo geral, no Setor Oeste da bacia hidrográfica do córrego Ceroula, ocorrem colinas dissecadas e relevos residuais (morros testemunhos). As declividades mais acentuadas, acima de 45%, evidenciam-se nas escarpas do tipo cuesta. Em trabalhos de campo, observou-se em um dos pontos de observação que o front das cuestas basálticas apresenta cobertura vegetal remanescente (Figura 5A), diferentemente do reverso, que possui gramínea para pastagem, caracterizada pela pecuária extensiva (Figura 5B).

Já no Setor Leste da área de estudo, em geral, as colinas são amplas e suavemente onduladas, com declividades mais suaves de até 20%. Esta configuração do relevo favorece o uso da terra pela pastagem e, mais recentemente, a introdução gradual da monocultura da soja. Por meio da visualização estereoscópica, foi possível identificar nas imagens do Google Earth o predomínio de sulcos e ravinas no compartimento da vertente. As feições erosivas previamente identificadas foram reambuladas em trabalhos de campo, onde também foi possível verificar que grande parte dos processos erosivos lineares acontece em áreas de pastagens degradadas, com manchas de solo exposto, em decorrência do pisoteio do gado e sem a implantação de práticas conservacionistas adequadas (Figura 5CD).

A erosão acelerada provoca impactos ambientais significativos tanto no local (*on-site effects*) como fora do local (*off-site effects*). A mecânica do processo erosivo envolve a desagregação, o transporte e a deposição de partículas de sedimento e matéria orgânica do solo. Como resultado, ocorre a perda de solos férteis, comprometendo sua capacidade de sustentar a vegetação na área afetada. Os efeitos fora do local incluem a degradação da qualidade da água e o assoreamento de rios e de reservatórios. Isso afeta negativamente a biodiversidade aquática, incluindo peixes, invertebrados e plantas aquáticas. Os efeitos fora do local também abrangem os impactos socioeconômicos, como custos adicionais para tratamento de água, redução da pesca e turismo.

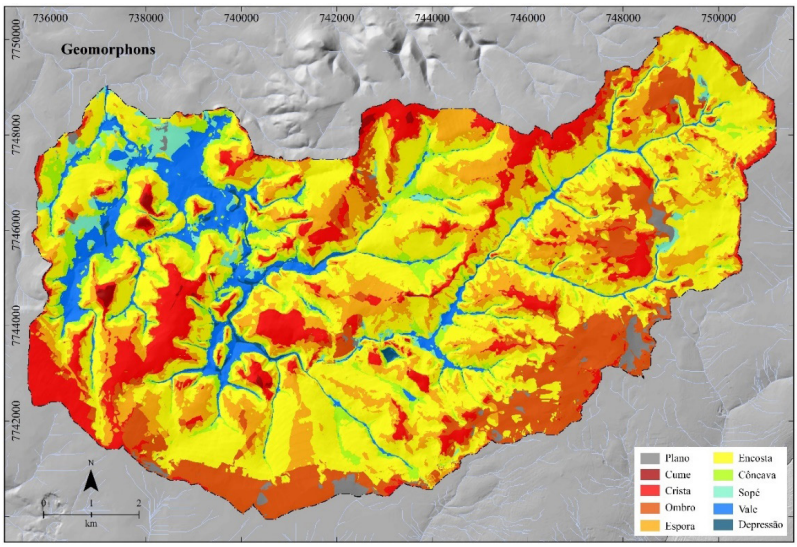
Figura 5 – Relevo e usos da terra nos setores Oeste e Leste do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula/MS



Fonte: MDE 5m, Campo Grande (2020), Google Earth (2022). Fotos: Fushimi e Capoane. Trabalho de campo: A, B 12/06/2022; C 18/05/2022; D 15/11/2022

Com o método geomorphons, os fenótipos de relevo mapeados (Figura 6), em ordem de representação de área foram: encosta (41,51%), espora (17,56%), ombro (11,82%), crista (10,90%), côncava (7,11%), vale (6,91%), sopé (2,11%), plano (1,24%), pico (0,43%) e depressão (0,40%).

Figura 6 – Geomorphons do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula/MS

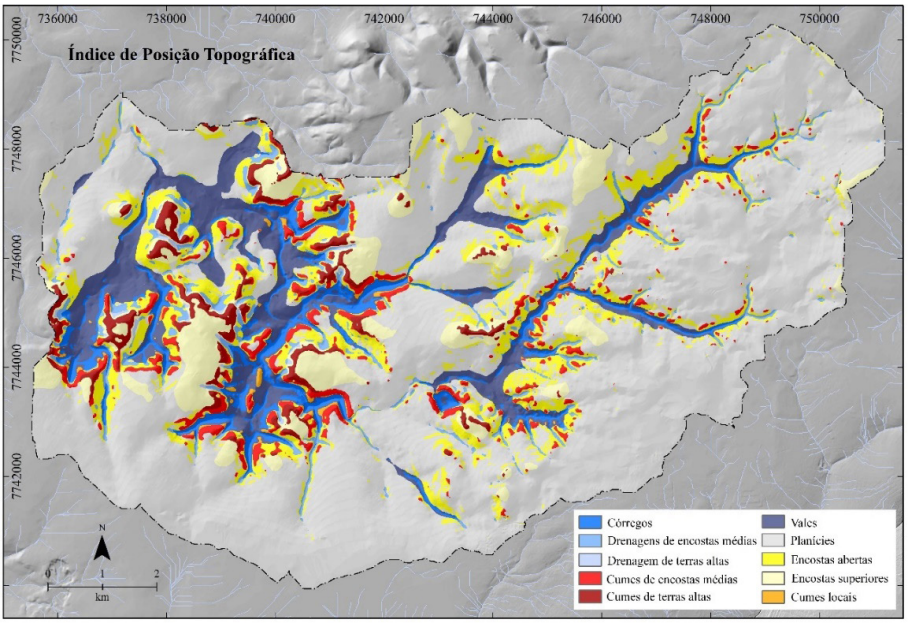


Fonte: elaboração de Capoane (2024)

As classes de relevo mapeadas pelo método Índice de Posição Topográfica (Figura 7) demonstram as planícies ocupando a maior área (60,3%), seguidas por encostas abertas (10,33%), vales (8,38%), encostas superiores (6,86%), córregos (4,58%), cumes de meia encosta (3,45%), drenagem de encostas médias (2,97%), cumes de terras altas (2,49%), cumes locais (0,39%) e drenagem de terras altas (0,42%).

Em comparação ao método geomorphons, a classificação utilizando o método IPT apresentou uma tendência à superestimação das áreas de planície e à subestimação das áreas de encosta. Notavelmente, no planalto, o IPT falhou em capturar nuances topográficas menos distintas, como as variações na posição relativa dos pontos em relação ao entorno.

Figura 7 – Unidades de relevo do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula/MS

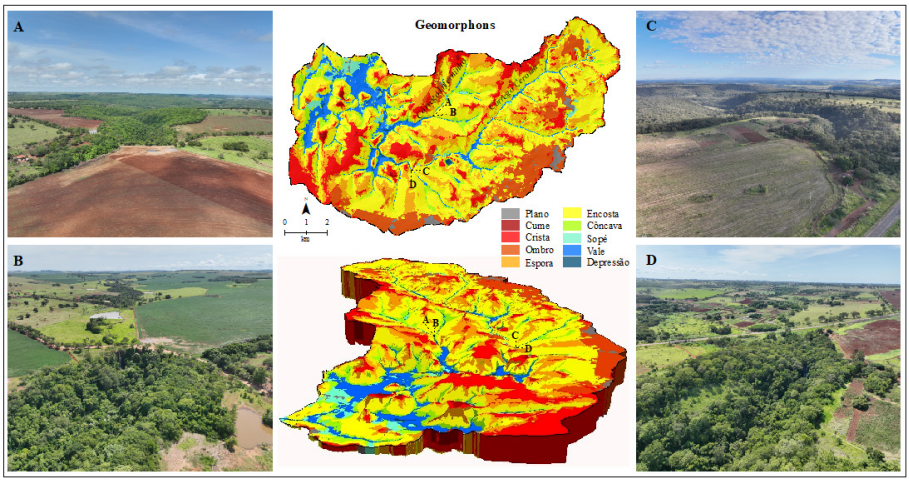


Fonte: elaboração de Capoane (2024)

Na Figura 8 são apresentadas as cachoeiras do Inferninho (A, B) e do Céuzinho (C, D) de duas perspectivas, a montante e a jusante das cachoeiras, fornecendo uma clara representação da quebra de relevo. Na área a montante da cachoeira do Inferninho, observa-se um relevo suavemente ondulado de encostas, onde o avanço do monocultivo da

soja substituiu na safra de 2023/2024 áreas anteriormente utilizadas para a pecuária extensiva. Também é possível observar passivos ambientais em Área de Preservação Permanente ribeirinhas e no entorno de reservatórios formados a partir da construção de barragens de terra. Na cachoeira do Céuzinho, a área de solo exposto próxima à quebra de relevo é utilizada para a produção de soja. A montante do anel viário, destacam-se áreas destinadas à produção de hortaliças. Nos vales, devido ao declive acentuado, encontram-se remanescentes bem preservados de vegetação florestal.

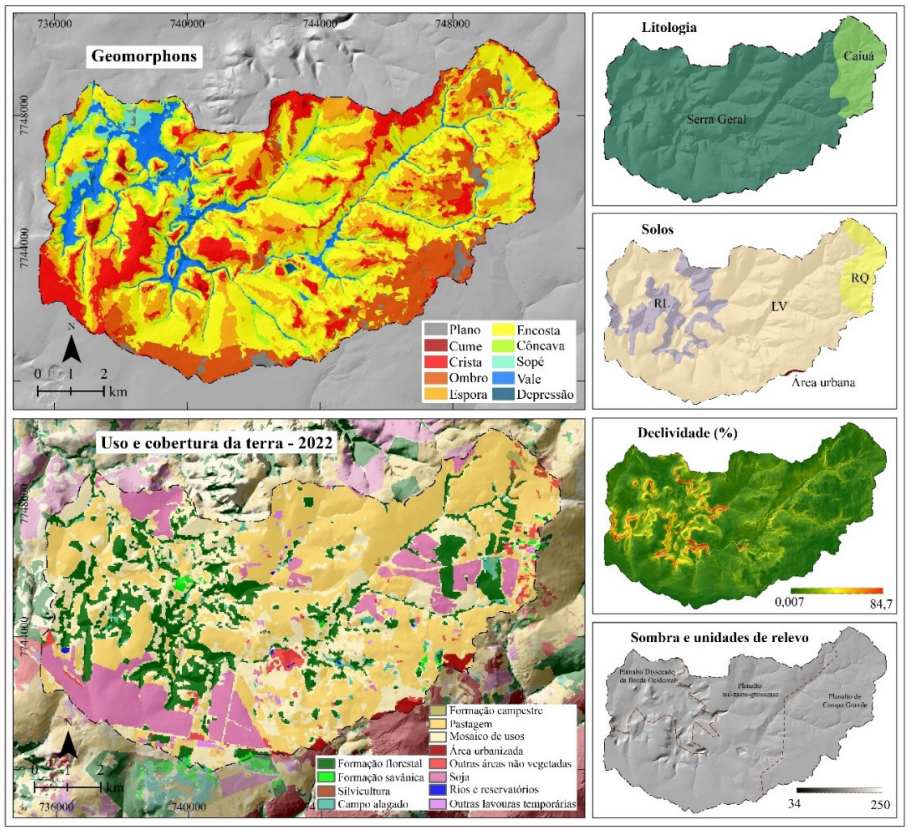
Figura 8 – Quebras de relevo na borda ocidental da bacia sedimentar do Paraná



Fonte: MDE 5m, Campo Grande (2020). Fotos: Capoane. Trabalho de campo: A, C 22/12/2023; B, D 03/02/2024

Correlacionando os geomorphons com os aspectos físicos do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula (Figura 9), torna-se evidente que a cobertura vegetal natural e os usos da terra e seus processos de degradação são fortemente influenciados pelas características topográficas.

Figura 9 – Geomorphons, uso e cobertura da terra e aspectos físicos da área estudada



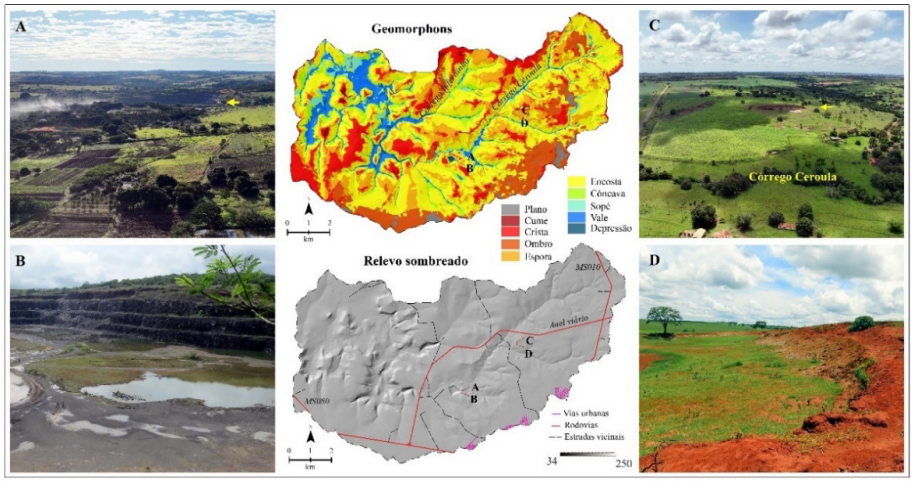
Fontes: MDE 5m, Campo Grande (2020); MapBiomas, coleção 8 (2023). Elaboração: Capoane (2024)

Nesse sentido, formas de relevo antropogênicas, como cavas de mineração, podem ser identificadas com o método geomorphons. Essa geoforma foi classificada como depressão. A Figura 10AB ilustra uma cava de extração de basalto, 16 anos após o aerolevantamento. Atualmente, a cava apresenta maior dimensão e profundidade. Embora tenha sido utilizada uma base cartográfica de grande escala (1:10.000), não foi possível identificar uma área de empréstimo de material (Figura 10CD), utilizado para a pavimentação de estradas vicinais. Isso se deve à menor dimensão e profundidade da cava. Em trabalhos de campo realizados nos anos de 2022 e 2023, também foi identificada a presença de uma cava de extração de areia próxima à rodovia MS-010. A cava de extração de areia não foi

identificada na classificação do relevo, pois a mineração teve início em data posterior ao levantamento aerofotogramétrico do ano de 2008.

Além da forma de relevo negativa causada pela mineração de superfície, há na bacia hidrográfica formas de relevo antropogênicas como um aterro de resíduos sólidos e formas de relevo de nivelamento na área urbana, cortes de taludes nas rodovias e barragens. A construção do aterro também é posterior ao aerolevantamento, por isso não é possível sua identificação. Para a área urbana, como o relevo é plano a suave, a escala 1:10.000 (MDE 5m) não permite identificar características antropogeomorfológicas (referem-se ao papel e à influência das atividades humanas na formação e na modificação das formas de relevo e nos processos geomorfológicos da Terra; *cf.* Goudie; Vile, 2016).

Figura 10 – Geomorphons e mudanças antropogênicas no relevo

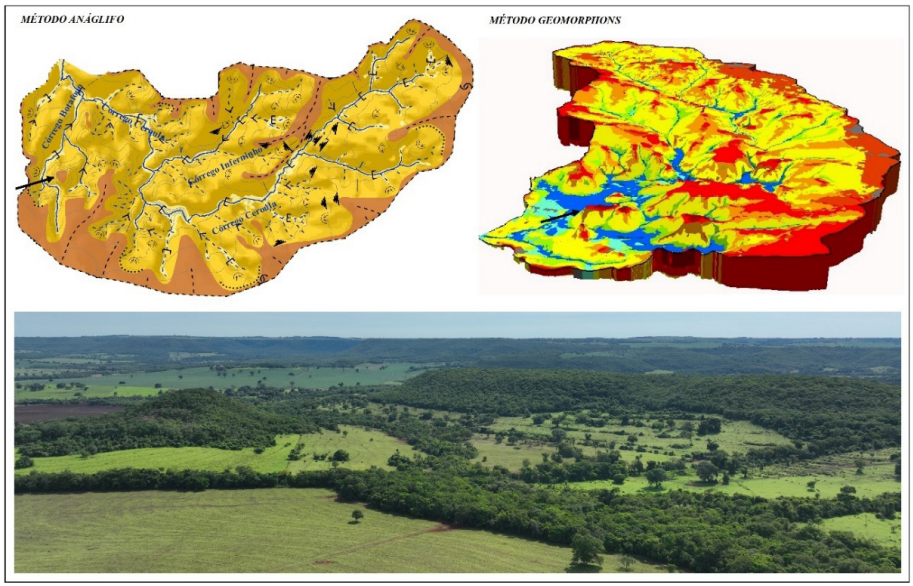


Fonte: MDE 5m, Campo Grande (2020). Fotos: Capoane. Trabalho de campo: A 21/06/2023; B 21/10/2022; C 22/12/2023; D 03/02/2024

Todos os métodos (anáglifo, geomorphons e IPT) foram capazes de identificar morros testemunhos (Figura 11) no Planalto Dissecado da Borda Ocidental da Bacia Sedimentar do Paraná. Esses morros testemunhos são caracterizados pela presença de rochas basálticas e sedimentares (*traps* e intrusões clásticas da Formação Botucatu), enquanto a cobertura vegetal predominante é composta por vegetação nativa. Resistindo à erosão ao longo do tempo geológico, essas elevações isoladas destacam-se na paisagem de relevo dissecado, contrastando fortemente com a área cir-

cundante e as cuestas basálticas. A ocorrência dos morros testemunhos é um componente distintivo no planalto dissecado sul-mato-grossense.

Figura 11 – Morros testemunhos próximos às cuestas basálticas



Fonte: MDE 5m, Campo Grande (2020), Google Earth (2022). Foto: Capoane. Trabalho de campo: 03/02/2024

Os métodos anáglifo, geomorphons e Índice de Posição Topográfica são ferramentas que oferecem abordagens distintas para representar e analisar o relevo. Cada um desses métodos possui técnicas e particularidades específicas que resultam em diferentes formas de visualização e interpretação do terreno. No entanto, ao aplicar esses métodos em mapeamentos do relevo, há um consenso sobre a inter-relação entre a configuração do relevo e os padrões de uso e cobertura da terra. Essa relação se manifesta na identificação de setores com vegetação remanescente e áreas degradadas. A análise combinada desses elementos permite compreender como a morfologia do terreno influencia e é influenciada pelas atividades humanas e naturais.

Em resumo, essas técnicas de mapeamento fornecem informações valiosas sobre a paisagem, evidenciando não apenas a configuração do relevo, mas também as interações complexas entre suas características

topográficas e os padrões de uso da terra. Isso é fundamental para promover uma gestão mais eficaz e a conservação adequada dos recursos naturais.

Considerações finais

No presente trabalho foram empregados os métodos de classificação do relevo anáglifo, geomorphons e Índice de Posição Topográfica. Cada um desses métodos apresenta vantagens e limitações. Compreender as limitações de cada abordagem é essencial para interpretar os resultados de forma adequada e selecionar o método mais apropriado com base nos referenciais teórico-metodológicos, nas características da paisagem e nos objetivos da análise geomorfológica.

Os métodos de classificação do relevo utilizados são ferramentas importantes para analisar e compreender como o relevo influencia os usos e coberturas da terra. Os anáglifos proporcionam uma visualização tridimensional detalhada do terreno, destacando características como morfologia das vertentes, dos fundos de vale e das planícies aluviais e permitindo avaliar a adequação de diferentes áreas para atividades específicas, como agricultura ou conservação. Por sua vez, os geomorphons automatizam a identificação de formas de relevo, como cristas e vales, fornecendo informações sobre padrões espaciais que orientam decisões de uso da terra. O Índice de Posição Topográfica é essencial para discernir entre diferentes posições no terreno, como topo de morro, encosta média e fundo de vale, indicando variações na umidade, insolação e drenagem que influenciam diretamente os tipos de uso e cobertura da terra mais adequados para cada área. Em conjunto, esses métodos fornecem uma base sólida para o planejamento territorial e a gestão eficaz dos recursos naturais, considerando as características únicas do relevo em cada paisagem.

A aplicação dos métodos de classificação automatizada do relevo permitiu detectar não apenas mudanças naturais, mas também antrópicas no relevo e na paisagem. O método geomorphons demonstrou maior eficácia que o IPT, principalmente devido à sua abordagem baseada no reconhecimento de padrões. Além disso, a correlação entre os geomorphons e os aspectos físicos da área, como a cobertura vegetal e as classes de solo, ressalta a importância dessas ferramentas na compreensão da interação entre o relevo e outros elementos do ambiente. Por fim, a aplicação do método geomorphons também se mostrou promissora na identificação

de formas de relevo antropogênicas, como cavas de mineração, e pode, portanto, contribuir para a própria discussão do Antropoceno (Brown *et al.*, 2017). Esses achados destacam a relevância e o potencial do método para estudos futuros sobre o relevo e sua influência nos processos ambientais e na ocupação do território.

No método anáglifo, a identificação das formas de relevo antropogênicas realiza-se por meio da visualização em profundidade, cuja diferenciação das informações geomorfológicas naturais é feita pelo observador, com base em conhecimentos empíricos e nas dinâmicas de usos e coberturas da terra verificados em mapeamentos e trabalhos de campo. Dessa forma, destaca-se nesta abordagem a importância dos trabalhos de campo, identificando formas e processos geomorfológicos de forma precisa e atual.

Por fim, os resultados obtidos não apenas oferecem insights valiosos para o planejamento e a gestão ambiental local, mas também destacam a potencial aplicabilidade mais ampla das técnicas de mapeamento do relevo em estudos futuros, especialmente para pesquisas de vulnerabilidade aos processos erosivos acelerados e de conservação ambiental.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio por meio de Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ) – Nível 2, Processo 308723/2021-0.

Referências

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [*S. l.*], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

AMORIM, A. E. S.; CAPOANE, V. Classificação automatizada do relevo utilizando a ferramenta Geomorphons: estudo de caso para o município de Campo Grande – MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 15, n. 2, p. 750-766, 2022. DOI 10.26848/rbgf.

BROWN, A. G. *et al.* The geomorphology of the anthropocene: emergence, status and implications. **Earth Surface Processes and Landforms**, [*S. l.*], v. 42, n. 1, p. 71-90, 2017. DOI 10.1002/esp. 3943.

CAMPO GRANDE. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Gestão Urbana. **Arquivos vetoriais de Campo Grande – MS**. Campo Grande: Semadur, 2020. Disponível em: http://www.campogrande.ms.gov.br/semadur/arquivos-vetoriais-de-campo-grande. Acesso em: 25 mar. 2025.

CAPOANE, V.; CARVALHAL, H. O. D. Mudanças na cobertura e no uso da terra na bacia hidrográfica do córrego ceroula no período entre 1985 e 2021. **Revista Pantaneira**, Aquidauana, v. 23, p. 1-18, 2024.

CARVALHAL, H. O. D.; CAPOANE, V. Caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 19. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: Editora UFC, 2022. p. 132-136.

CENTRO DE MONITORAMENTO DO TEMPO E DO CLIMA DE MATO GROSSO DO SUL (CEMTEC). 2024. Disponível em: https://www.cemtec.ms.gov.br/. Acesso em: 20 fev. 2024.

CONRAD, O. *et al.* System for automated geoscientific analyses (Saga) v. 2.1.4. **Geoscientific Model Development**, [*S. l.*], v. 8, p. 1-17, 1991-2007, 2015. DOI 10.5194/gmd-8-1991-2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1979.

FUSHIMI, M.; CAPOANE, V. Mapeamento do relevo a partir do método anáglifo como subsídio ao planejamento ambiental do alto curso da bacia hidrográfica do córrego Ceroula, Campo Grande-MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 16, n. 04, p. 1.793-1.812, 2023. DOI 10.26848/rbgf.v16.4.p1793-1812.

FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R.; HASEGAWA, J. K. Compartimentos do relevo e suas contribuições na análise das dinâmicas das paisagens de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP. **Bol. Geogr.**, Maringá, v. 35, n. 1, p. 28-42, 2017. DOI 10.4025/bolgeogr.v35i1.34638.

GOOGLE EARTH website. Disponível em: http://earth.google.com. Acesso em: 23 ago. 2022.

GOUDIE, A.; VILES, H. A. **Geomorphology in the anthropocene**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2016. DOI 10.1017/CBO9781316498910.

GUISAN, A.; WEISS, S. B.; WEISS, A. D. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. **Plant Ecology**, [*S. l.*], v. 143, n. 1, p. 107-122, 1999. DOI 10.1023/a:1009841519580.

HANCOCK, G. R.; MARTINEZ, C.; WELLS, T. Modelling and assessment of soil carbon variability at the point and hillslope scale. *In*: OXLEY, L.; KULASIRI, D. (ed.). **Modsim 2007**. International Congress on Modelling and Simulation. New Zealand: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2007. p. 1.743-1.748.

HANCOCK, G. R.; WILLGOOSE, G. R.; EVANS, K. G. Testing of the Siberia landscape evolution model using the Tin Camp Creek, Northern Territory, Australia, field catchment. **Earth Surface Processes and Landforms**, [*S. l.*], v. 27, n. 2, p. 125-143, 2002.

HUTCHINSON, M. F. A new procedure for gridding elevation and streamlines data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, [*S. l.*], v. 106, p. 211-232, 1989. DOI 10.1016/0022-1694(89)90073-5.

HUTCHINSON, M. F.; XU, T.; STEIN, J. A. Recent progress in the Anudem elevation gridding procedure. **Geomorphometry**, Redlands USA, p. 19-22, 2011.

IBGE. Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA). 2021. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home. Acesso em: 12 jan. 2024.

IBGE. Bases cartográficas contínuas – Brasil. 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloadsgeociencias.html?caminho=cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2021/. Acesso em 20 jan. 2024.

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. Geomorphons: a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. **Geomorphology**, [*S. l.*], v. 182, p. 147-156, 2013. DOI 10.1016/j.geomorph.2012.11.005.

LINDSAY, J. B.; CREED, I. F. Removal of artifact depressions from digital elevation models: towards a minimum impact approach. **Hydrological Processes**, [*S. l.*], v. 19, p. 3.113-3.126, 2005. DOI 10.1002/hyp. 5835.

MAPBIOMAS. Coleção 8 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/. Acesso em: 8 fev. 2023.

MOREIRA, E. S. *et al.* Análise da ocorrência de feições erosivas lineares na área de proteção ambiental (APA) do Timburi, Presidente Prudente (SP). **Geografia**, Rio Claro, v. 45, n. 1, p. 163-184, 2020. DOI 10.5016/geografia.v45i1.15397.

MOTTA, P. E. F. *et al.* **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do município de Campo Grande, MS**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

NUNES, J. O. R.; FREIRE, R.; PERES, I. U. Mapa geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. **Anais** [...]. Goiânia: União da Geomorfologia Brasileira; International Association of Geomorphologists, 2006. p. 1-11.

PEDRO MIYAZAKI, L. C.; OLIVEIRA, A. A. G. Anáglifo, fotointerpretação e imagens do Google Earth como alternativa para elaboração do mapeamento geomorfológico da Serra do Corpo Seco-Ituiutaba-MG (Brasil). **Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, v. 2, n. 2, p. 43-65, 2020.

SANO, E. E. *et al.* Cerrado ecoregions: a spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, [*S. l.*], v. 232, p. 818-828, 2019.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SILVA, A. Q. *et al.* Uso de estereoscopia digital no ensino de mapeamento geológico nos cursos de formação em geociências. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos. **Anais** [...]. Santos: Inpe, 2017. p. 1-8.

SOUZA, T. A.; OLIVEIRA, R. C. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 3, n. 5, p. 1.348-1.355, 2012.

STEPINSKI, T. F.; JASIEWICZ, J. Geomorphons: a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *In*: HENGL, T. *et al.* (ed.). **Proceedings of geomorphometry**. Redlands, USA: [*s. n.*], 2011. p. 109-112.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia física e geomorfologia**: uma releitura. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2018.

TRICART, J. **Príncipes et méthodes de la geomorphologie**. Paris: Masson & Cie, 1965.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Digital Elevation, SRTM, 1 Arc-Second Global. 2020. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em: 20 jan. 2024.

VERSTAPPEN, H. T.; VAN ZUIDAM, R. A. **ITC System of geomorphological survey**. Netherlands: Manuel ITC Textbook, 1975. v. 7.

CONTENÇÕES DE VOÇOROCAS EM AMBIENTE URBANO: O CASO DE MANAUS/AM

Antonio Fábio Sabbá Gumarães Vieira
Armando Brito da Frota Filho
Deivison Carvalho Molinari

Introdução

Este trabalho busca discutir alguns resultados pontuais a respeito de contenções realizadas em voçorocas, apresentando uma breve discussão teórica sobre esse tema, e por fim caracterizar os principais tipos de contenção de voçorocas já efetuadas em Manaus/AM, destacando algumas características dessas obras, assim como ponderar a respeito da viabilidade da aplicação de cada tipo de contenção.

Pode-se destacar que são inúmeros os tipos de contenções existentes que podem ser aplicadas em voçorocas, as quais variam desde a engenharia convencional (aterros com possíveis sistematização de taludes, desvios de águas de superfície por meio de canais de derivação, direcionamento e captação de águas superficiais através de dissipadores de energia, construção de pequenas barragens no interior das incisões, vertedores de águas pluviais e servidas também no interior da voçoroca etc.) a intervenções ambientalmente não agressivas como aquelas relacionadas à bioengenharia (paliçada, geotêxtil etc.).

Assim, este trabalho busca apresentar um panorama das contenções já realizadas em Manaus de 1998 a 2024. Para tanto, este manuscrito está estruturado de modo a descrever, do ponto de vista da aplicação, algumas técnicas de contenção realizadas em diversos lugares do Brasil, com posterior discussão de resultados e consequências relacionados às contenções aplicadas em Manaus por diversos agentes, como poder público, moradores afetados pela presença da voçoroca, sociedade civil ou mesmo resultante de ações que envolvem a pesquisa acadêmica.

Metodologia

Nesta pesquisa, foram realizados levantamentos de fontes secundárias, tais como artigos científicos e trabalhos acadêmicos (teses e disserta-

ções), no que concerne às tipologias de contenção de voçorocas ocorridas em Manaus no período de 1998 a 2024. Destaca-se que, desde a década de 90, em Manaus vêm sendo realizadas pesquisas envolvendo esse tipo de incisão (Vieira; Frota Filho, 2023). Para Galvão e Pereira (2014), esse tipo de revisão envolve a realização em oito fases, como: elaboração da pergunta de pesquisa, levantamento de literatura, escolha de artigos, obtenção dos dados, mensuração do atributo metodológico, síntese dos dados, avaliação da qualidade das evidências e a redação e publicação dos resultados.

Seguindo essas fases, buscou-se responder à pergunta inicial do objetivo proposto para este trabalho, que é o de caracterizar as principais contenções ocorridas em voçorocas localizadas no perímetro urbano de Manaus. Inicialmente foram descritas algumas técnicas empregadas na contenção de voçorocas, por meio de fontes como artigos, relatórios de pesquisas, monografias, dissertações e teses, não necessariamente ocorridas em Manaus.

Por fim, encontrados os trabalhos que descreveram algum tipo de contenção em voçorocas em Manaus, estes foram separados conforme o agente executor e as técnicas escolhidas: 1) Ação direta do poder público (Patamares gramados); 2) Ação indireta do poder público (aterramento e morro de gabião); 3) Ação dos moradores e/ou sociedade civil (Aterramento); e 4) Ação de pesquisa acadêmica (Barramento). Assim, foram escolhidas algumas medidas de contenção realizadas em Manaus para representar esses tipos de ações.

As técnicas de contenção de voçorocas

Dividiu-se aqui este tópico em contenções oriundas da Engenharia Convencional e da Bioengenharia. A primeira compreende ações que fazem uso em sua aplicação de material alheio ao ambiente natural, como o uso de estruturas em concreto, estruturas em alvenaria ou mesmo material de uso misto como os gabiões (estruturas que compreendem normalmente malhas com fios de aço, que formam uma caixa/receptáculo no qual se enche de fragmentos de rochas). O segundo grupo de contenções busca

> [...] integrar o uso de plantas, microrganismos e bioinsumos, associados ou não a elementos estruturais inertes, para controlar a erosão e promover a estabilização, ou a recuperação ambiental de áreas degradadas (Andrade; Poetocarrero; Chavez, 2023, p. 150).

Destacam-se neste trabalho apenas algumas técnicas empregadas na contenção de voçorocas, especificamente de incisões existentes na região de Manaus/AM. Pois deixa-se claro aqui que as técnicas de contenção de erosão e/ou voçorocas compreendem um número vasto de exemplos, tais como descritos por Albuquerque (2021), Jorge e Guerra (2013), Nardin *et al.* (2010), Nunes *et al.* (2023), Teixeira e Guimarães (2012), Verdun, Vieira e Canappele (2016), entre outras.

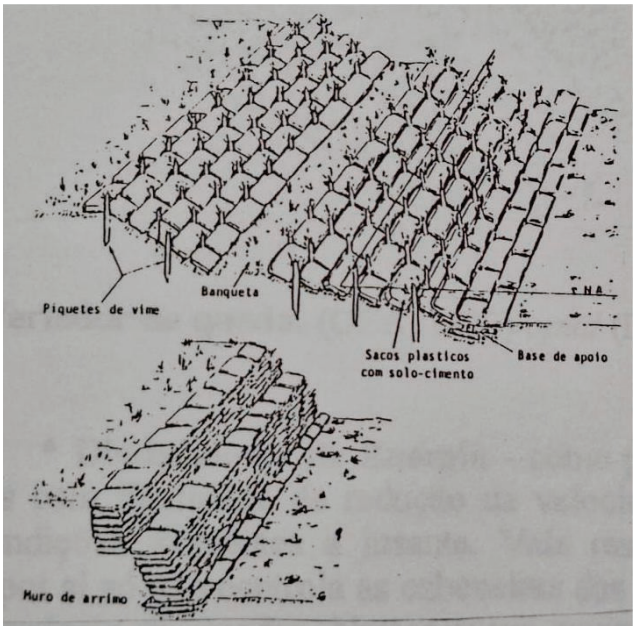
Técnicas de contenção pela engenharia convencional

Neste tópico, pretende-se apenas citar alguns exemplos de obras que são comumente utilizadas em contenção de voçorocas e/ou em encostas afetadas por esse tipo de incisão, sem entrar no detalhamento específico da construção civil. Entre as diversas obras para esse fim, incluem-se aqui os seguintes exemplos: *rip-rap* (enrocamento), drenagem das águas pluviais e servidas (desvio das águas de superfície, introdução de dissipadores de energia, drenagem subsuperficial etc.), retaludamento (da encosta e das paredes da voçoroca com a suavização da borda), barragens (blocos brutos de rochas ou em concreto), entre outras ações que se fizerem necessárias.

Sacos de solo-cimento (*rip-rap*)

Compreendem geralmente sacos de polietileno com mistura de solo e cimento, empilhados para dar sustentação à parede da incisão ou mesmo no seu interior (canal) como suavizador das enxurradas (na forma de escadaria) e para retenção de sedimentos. Apresenta como ponto positivo a facilidade de aplicação e de rápida conclusão (Figura 1). Podem ser ainda utilizados de forma combinada com outras ações de contenção, como o barramento e até mesmo como ponto final de dispersão da água da chuva e/ou servida oriunda de canalização em alvenaria ou concreto. Todavia, quando mal-empregados, esses sacos podem ser removidos a cada período de chuvas e com isso reativar a incisão erosiva.

Figura 1 – Contenção com solo-cimento (*rip-rap*)



Fonte: Bigarella e Mazuchowski (1985)

Drenagem das águas pluviais e servidas

Uma das primeiras ações envolve o desvio das águas para proteção da cabeceira da voçoroca. Para isso, pode-se utilizar canais de derivação revestidos, os quais podem ser construídos em concreto armado, alvenaria, gabiões ou simplesmente escavados no terreno e protegidos com cobertura vegetal (Daee, 1990). Importante destacar que, ao longo desses canais, devem existir caixas de alvenaria ou concreto para evitar aumento do gradiente ao longo deste e como forma de diminuir a energia dos fluxos. Esses canais podem ser construídos também no interior da incisão como forma de controlar os fluxos existentes, principalmente em casos de adição de material (aterro) com possível terraceamento.

Retaludamento

Segundo Teixeira e Guimarães (2012, p. 85), "retaludar significa fornecer uma maior consistência aos taludes, evitando assim consequên-

cias mais graves". Em outras palavras, denota modificar as características morfométricas dos taludes e, no caso das voçorocas, diminuir a inclinação das paredes destas, de modo a permitir maior estabilização, ao mesmo tempo que favorece a fixação de plantas, visto que, em ângulos muito fortes, o desenvolvimento de plantas é diminuto.

Em taludes muito íngremes, assim como as paredes das voçorocas, tendem a ter ocorrência mais frequentes de movimentos de massa. Portanto, diminuir a inclinação destas é também diminuir a ocorrência de deslizamentos, tombamentos etc.

Essa prática, empregada muitas vezes na engenharia civil para controle de erosão, acaba por abranger uma área para além da cabeceira da voçoroca e normalmente empregada com associação com outras práticas, como construção de patamares gramados (terraceamento), canalização das águas servidas e pluviais com ou sem dissipadores de energia etc.

A importância do retaludamento está também no fato de que as feições erosivas evoluem em consequência do grande volume de água concentrada que chega até elas, portanto remodelar os taludes e/ou a parede da incisão pode influenciar diretamente a diminuição desses fluxos. Na Figura 2, é possível observar a transformação gerada na paisagem, pela existência da voçoroca e pelo processo de retaludamento e terraceamento.

Figura 2 – Voçoroca antes e depois do retaludamento

Foto da esquerda, voçoroca ativa em abril de 1995, Conjunto Habitacional Canaranas, Manaus/AM. Foto da direita, a mesma voçoroca em dezembro de 1997, com retaludamento e terraceamento, ainda sem aplicação de gramíneas.

Fonte: Vieira (1998)

Barragens

Durante o processo de contenção da incisão, é comum que ocorra, após o desvio das águas canalizadas, o surgimento de algum tipo de vegetação no seu interior. Todavia, em chuvas de volume e intensidades mais elevadas, é possível observar o arraste dessa vegetação. Assim, a introdução de pequenas barragens no interior da incisão torna a retenção dos sedimentos mais eficiente, ao mesmo tempo que permite o desenvolvimento da vegetação de forma mais rápida.

As barragens podem ser diversas, desde a simples adição de material de aterro em pontos estratégicos no talvegue da voçoroca, a utilização de "pedra bruta" (tipo gabião) a concreto. O importante no emprego desse tipo de contenção é tornar a retenção de sedimentos mais eficiente e diminuir a velocidade dos fluxos de água no interior da voçoroca.

Há barragens que são classificadas como sendo permanentes, pois são construídas em concreto e/ou alvenaria logo após a cabeceira da voçoroca, tendo como função evitar a erosão lateral da calha a jusante da obra instalada, permitindo, assim, maior estabilidade à parede da incisão.

Técnicas de contenção através da bioengenharia

Alguns exemplos da utilização da bioengenharia no controle de erosão por voçorocas podem ser descritos. Dentre eles, destaca-se nesse neste o uso do **plantio direto** no entorno e no interior da incisão, que pode ser complementado com outras ações, como o desvio da enxurrada da cabeceira da voçoroca por meio **valas abertas**, a introdução de **paliçadas**, as quais são conhecidas na região do Amazonas como barreamento ou barramento.

O uso dessas barreiras de contenção (paliçadas) vem demonstrando um bom resultado no que diz respeito ao controle de erosão no interior de voçorocas, pois, além de permitir o acúmulo de sedimentos, favorece a proliferação das plantas nativas, as quais, ao colonizarem o interior da incisão, acabam por promover a sua consequente estagnação. Tal afirmativa foi percebida, por exemplo, na região da Área de Proteção Ambiental (APA) do Timburi, em Presidente Prudente/SP, especificamente em uma propriedade rural, onde Silva, Lopes e Nunes (2023) utilizaram as paliça-

das (barramentos de bambu) envoltos em telas de sombrite de polietileno para a contenção dos processos erosivos no interior de duas ravinas, as quais se mostraram eficazes e promoveram a estabilização das incisões acompanhadas do crescimento da vegetação.

Nunes *et al.* (2023) destacam que, mesmo em meses de maior pluviometria (novembro a fevereiro), não foi percebida a expansão dos novos pontos de erosão, demonstrando que as paliçadas influenciaram diretamente a diminuição da energia do escoamento superficial concentrado, tanto nas vertentes sem vegetação como na retenção de sedimentos e dos produtos orgânicos. Como reflexo desse resultado, os autores perceberam o aumento das gramíneas a montante e a jusante da incisão, assim como a incorporação dos bambus no solo após a decomposição desta como matéria orgânica. No entanto, Nunes *et al.* (2023) destacam um aspecto negativo, o qual compreende a rápida decomposição do material utilizado, o que leva a uma manutenção constante. Estes indicam como alternativa o uso de biomantas de fibra de coco, as quais seriam uma alternativa às mantas de sombrite de polietileno. Porém, os custos envolvidos nessas biomantas é inviável economicamente ao produtor rural, ressaltam os autores.

Esse conjunto de ações foi aplicado para controle da voçoroca (Figura 3) existente na Base de Exploração Petrolífera Geólogo Pedro de Moura (BEPGPM), no município de Coari, estado do Amazonas, às margens do rio Urucu, sendo objeto de estudo de Albuquerque (2007).

Figura 3 – Voçoroca do Porto Hélio na BEPGPM em diferentes momentos

Canto superior esquerdo sem contenção. Fonte: Antonio F. G. Vieira, 01/10/2004; canto superior direito com a primeira contenção. Fonte: Antonio F. G. Vieira, 22/10/2004; Canto INFERIOR esquerdo, contenção parcialmente destruída pelas fortes enxurradas. Fonte: Antonio F. G. Vieira, 22/11/2004; canto inferior direito, nova contenção introduzida e concluída em janeiro/2005.

Fonte: Albuquerque (2007)

As barreiras de contenção de sedimentos (paliçada/barramento) introduzidas no interior da citada voçoroca promoveram o acúmulo de sedimentos, ao mesmo tempo que permitiram o desenvolvimento das plantas nativas e das que foram introduzidas no seu entorno e no seu interior, pois essas barreiras também diminuem a velocidade do escoamento superficial, evitando assim o descalçamento das raízes e o possível arraste das plantas.

Ainda no que concerne ao uso da bioengenharia, destaca-se o uso de **geotêxtil** como outra técnica de contenção que pode ser empregada na recuperação de áreas degradadas por voçorocas. O geotextil pode ser utilizado também no revestimento de taludes, como forma de proteção à erosão, assim como para facilitar o desenvolvimento de gramíneas nessas paredes. Tal concepção resulta em intervenções que não trazem grandes transformações no solo, visto que com o passar do tempo o revestimento será absorvido, uma vez que se trata de material biológico (Figura 4).

Figura 4 – Utilização de geotêxtil em talude em estrada no município de Silves/AM

Descrição: geotêxtil em talude vegetado por gramíneas através da hidrossemeadura. Em detalhe no canto inferior esquerdo, a malha do geotêxtil utilizado. Fonte: Antonio F. S. G. Vieira em 21/05/2005

Guerra, Bezerra e Jorge (2023); e Jorge e Guerra (2013) exemplificam, por meio de uma voçoroca em São Luís/MA, que foi estabilizada usando diferentes combinações de ações, como: 1) escultura de terreno; 2) plantio na cabeceira da incisão; e 3) aplicação de geotêxteis do buriti em seus taludes. Além disso, os referidos autores argumentam que, com a engenharia tradicional, "além de causar maior impacto aos aspectos naturais e estéticos do ambiente, requerem um elevado investimento de capital" (Guerra; Bezerra; Jorge, 2023 p. 17).

Resultados

Os resultados são aqui apresentados em duas partes: a primeira refere-se a alguns exemplos de contenção adotadas em Manaus; e a segunda parte está relacionada a uma análise a respeito de algumas contenções realizadas pelo poder público em áreas de risco.

Como resultados da primeira parte, são destacados aqui alguns exemplos de voçorocas que receberam algum tipo de contenção em Manaus, sendo divididas em quatro grupos: 1) Ação direta do poder público; 2) Ação indireta do poder público; 3) Ação dos moradores e/ou sociedade civil; e 4) Ação de pesquisa acadêmica.

Contenção de voçorocas empregadas pelo poder público (municipal e estadual) em Manaus/AM

Um dos exemplos dessa ação refere-se à voçoroca localizada no conjunto habitacional Canaranas. Esse tipo de contenção é a mais utilizada pelo poder público em Manaus, a qual se constitui na adição de material (aterro) ao interior das incisões, com posterior compactação, sendo finalizada com patamares gramados e uma canaleta central para dar vazão às águas pluviais (Figura 5).

Figura 5 – Quatro momentos que envolvem a voçoroca Canaranas 1, em Manaus/AM

Canto superior esquerdo, a voçoroca ativa em janeiro de 1995; canto superior direito, a mesma voçoroca já havia recebido obras de contenção em janeiro de 1996; no canto inferior esquerdo, nota-se a reativação da voçoroca, marcada pela presença de nova cabeceira em dezembro de 1997. Fonte: Vieira (1998); no canto inferior direito, nova contenção caracterizada pelo retaludamento com patamares vegetados por gramíneas. Fonte: Antonio F. S. G. Vieira (2012)

No caso específico desse exemplo, a obra de contenção mostrou sinais de desgaste poucos meses depois de concluída, o que resultou inicialmente no desmantelamento da escadaria em *rip-rap* e consequentemente na reativação da incisão (demonstrado anteriormente). Essa escadaria,

feita de sacos de solo-cimento, deveria funcionar como um suavizador da velocidade das águas da chuva para depois seguir seu curso até um canal fluvial a jusante.

Além dessa falha, ainda no período de construção da contenção, houve o desvio da drenagem da cabeceira da voçoroca para dois outros pontos da encosta para que se pudesse executar a obra. No entanto, essa ação resultou nesse mesmo período no surgimento de duas novas voçorocas (Vieira, 1998).

Como complemento à obra inicial, foi realizada uma obra secundária que consistiu na construção de dissipadores de energia através de tubulações escalonadas em níveis diferentes e com caixas de dissipação de energia (Figura 6).

Figura 6 – Dissipadores de energia na caixa coletora escalonadas em diferentes níveis

Fonte: Frota Filho (2016)

As obras relacionadas a essa voçoroca foram executadas por meio de empresa privada, contratada pelo poder público (Superintendência de Habitação do Amazonas). A exemplo desta, várias incisões foram contidas através das ações do Estado do Amazonas ou pelo Município de Manaus.

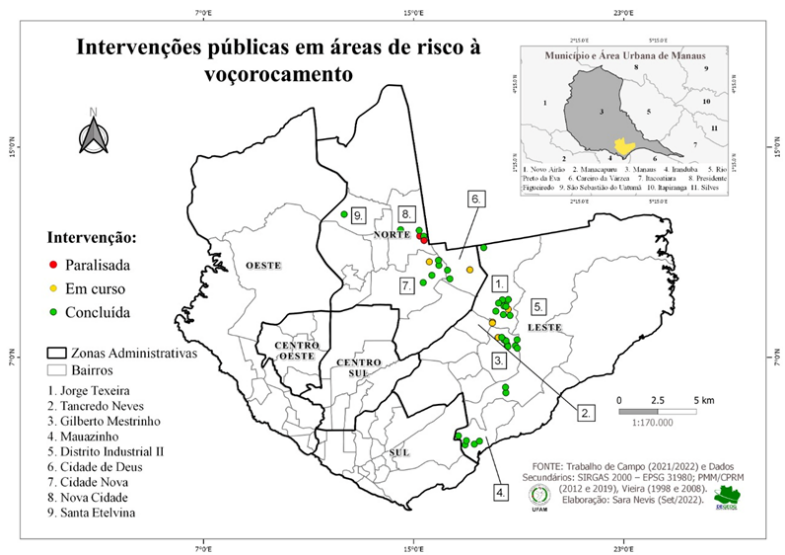
Importante destacar que as grandes voçorocas, localizadas nas proximidades de ocupações domiciliares urbanas, constituem-se em áreas de risco e, portanto, acabam por ser motivos de pressão popular ou mesmo de ações civis públicas, implementadas principalmente pelo Ministério Público Estadual. Desta forma, não se sabe bem a "motivação",

mas o poder público vem timidamente executando obras de contenção de voçorocas e das áreas afetadas por estas, em pontos específicos.

Assim, ao observar os anos entre 2005 e 2022, 42 áreas de risco de voçorocamento foram objeto de intervenções ou obras tendo como os principais responsáveis: a Prefeitura de Manaus (total de 23, ou 52,3%), o Governo do Amazonas (total de 15, ou 38%), população (total de 3 ou 7,1%) e a iniciativa privada (total de 1 ou 2,3%) (Molinari, 2023, 2024).

As intervenções (ou obras) listadas concentram-se em duas zonas administrativas, norte (13 ou 30,9%) e leste (29 ou 69,1%); e distribuem-se especialmente nos seguintes bairros: Jorge Teixeira, Tancredo Neves, Gilberto Mestrinho, Mauzinho, Distrito Industrial II (todos da zona leste), Cidade Nova, Cidade de Deus, Nova Cidade e Santa Etelvina (todos da zona norte) (Molinari, 2023) (Figura 7). Considerando somente os bairros com maior número de áreas de risco de voçorocamento, destacam-se: Jorge Teixeira (n = 9) e Gilberto Mestrinho (n = 9), Nova Cidade (n = 6), Mauazinho (n = 5) e Cidade Nova (n - 5). Atualmente duas encontram-se em andamento (bairro Cidade de Deus e Cidade Nova) e três paralisadas (sendo duas no bairro Tancredo Neves e uma no bairro Nova Cidade) (Molinari, 2023).

Figura 7 – Distribuição espacial das intervenções em áreas de risco de voçorocamento (concluída, em andamento e paralisada) entre 2005 e 2022

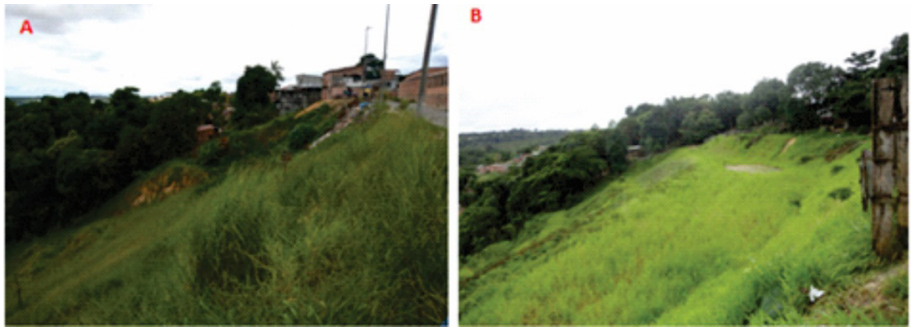


Fonte: Molinari (2023)

Sobre a distribuição espacial das intervenções realizadas em áreas de risco de voçorocamento em Manaus, é possível destacar três observações importantes: primeiro, as áreas de risco recuperadas no bairro Gilberto Mestrinho localizam-se em porções inseridas no interior da antiga ocupação irregular Nova Vitória, surgidas em meados de 2003 (Andreta *et al.*, 2013; Batista, 2016; Batista; Albuquerque; Feliz, 2015; Batista; Vieira; Marinho, 2019; Torres Neto, 2004); segundo, na relação quantidade de obras por bairro, notou-se que foram construídos de forma planejada pelo Poder Público estadual nos idos de 1980/1990, mostrando contundentes dificuldades de sustentar a tese difundida pela sociedade manauara de que as áreas de risco surgem como resultado do "crescimento desordenado". Por fim, terceiro, apesar de o bairro do Jorge Teixeira apresentar a maior quantidade (total de 28) de áreas de risco entre 1994-2022, paradoxalmente foi o que menos teve ações do Poder Público via obras de recuperação (n = 9) em todo o período supramencionado.

Do total de 15 obras executadas pela Secretaria de Infraestrutura do Governo do Estado do Amazonas, 13 foram realizadas entre 2005 e 2011 (Figura 8), 2 estão paralisadas (bairro Tancredo Neves), sendo que todas estão localizadas na Zona Leste de Manaus (5 no Jorge Teixeira, 2 no Tancredo Neves, 8 no Gilberto Mestrinho) (Molinari, 2023). Atualmente, a participação do ente estadual ocorre por meio de transferência de recursos financeiros através de convênios com a Prefeitura de Manaus, responsável pela execução de três novas obras, todas no bairro Nova Cidade, Zona Norte.

Figura 8 – Intervenções em áreas de risco de voçorocamento realizadas pelo Governo do Estado do Amazonas



Perfil de taludes das áreas de risco de voçorocamento recuperados no bairro Gilberto Mestrinho (fotos A e B).

Fonte: Molinari (2023)

Especificamente a Prefeitura Municipal de Manaus realizou 23 obras entre 2005 e 2022 distribuídas nos seguintes bairros: Nova Cidade (6), Cidade Nova (5), Cidade de Deus (3), Santa Etelvina (1), ambos na Zona Norte; Mauazinho (4), Distrito Industrial II (2), Gilberto Mestrinho (1) e Jorge Teixeira (1), na Zona Leste. Interessante destacar que 13 (das 23 obras) foram realizadas entre 2020 e 2022, sobretudo na zona norte (8), nítida predominância no bairro Nova Cidade totalizando 5 obras (Molinari, 2022, 2024).

Conclui-se que há dois grandes momentos de intervenções nas áreas de risco em Manaus entre 2005-2022. O primeiro comandado pelo Governo do Estado, entre 2005-2011, com obras exclusivamente na Zona Leste; enquanto o segundo, executado pela Prefeitura Municipal de Manaus, com obras predominantemente na Zona Norte entre 2020 e 2022. Quanto às características marcantes das obras de recuperação realizadas pelo Poder Público, destaca-se a completa alteração da paisagem local por meio de intervenções estruturais de engenharia. A análise do objeto contido nos contratos entre o entre a Contratada (pessoa jurídica de direito privado) e a Contratante (Prefeitura Municipal ou Governo do Estado) quase sempre é composta por uma ou duas frentes: construção/recuperação/recomposição de talude e/ou construção de espaço de lazer/praça.

Em nível operacional, quatro ações são comuns a todas as obras de engenharia em áreas de risco de voçorocamento em Manaus (Molinari, 2023), conforme demonstram os contratos: a) reconstrução/estabilidade dos taludes — conformação dos aterros por meio de terraplanagem geralmente sob a forma de múltiplas banquetas "degraus" visando aumentar a estabilidade —; b) reconstrução dos sistemas hidráulicos adaptando a realidade topográfica — implantação de caixas coletoras de água, tubulações e escadas hidráulicas "dissipadores de energia" para fornecer vazão correta das águas pluviais evitando o desgaste do talude —; c) supressão de parte da cobertura vegetal remanescente da área de risco — revestimento das banquetas com grama em placas ou através de hidrossemeadura —; e d) construção de equipamentos urbanos (no platô) — na forma de espaços de lazer/praça e/ou somente pavimentação e construção de meio-fio e sarjeta.

Contenção realizada por ação indireta do poder público

A esse respeito, pode-se citar neste trabalho aquelas obras que resultam de uma obra principal, a exemplo da pavimentação de uma via em que, no "caminho" dessa obra, encontrava-se uma voçoroca. Em outras

palavras, significa dizer que, no projeto da obra inicial, não havia sido pensada para a contenção da incisão, mas isto acabou acontecendo em face do objetivo principal, que era a pavimentação da via. A esse respeito, inclui-se o caso da voçoroca localizada no Bairro Cidade de Deus, Zona Leste de Manaus: no início de 1997, a pista principal que dava acesso a esse bairro contava com uma voçoroca na sua borda. Em face de um novo processo de terraplanagem e posterior adição de asfalto, essa incisão foi extinta (Figura 9). Vale destacar que essa obra deu certo em virtude de a voçoroca em questão não ter atingido o lençol freático, o que inviabilizaria a simples adição de material em seu interior.

Figura 9 – Voçoroca extinta por ação indireta do poder público

Foto da esquerda com voçoroca ativa, antes das obras de asfaltamento da via de acesso ao bairro Cidade de Deus (julho/1995). Foto da direita, com a pista já asfaltada e sem vestígio da existência da voçoroca nesse local (dezembro/1997).

Fonte: Vieira (1998)

Contenção espontânea realizada por ação dos moradores e/ou sociedade civil

Para esse tipo de contenção, verificam-se duas situações em Manaus: 1) pelos moradores que usam como adição de material os resíduos sólidos residenciais/domésticos; ou 2) por empresas que se utilizam de toda sorte de material disponível para em seguida realizar o aterramento.

Ação dos moradores

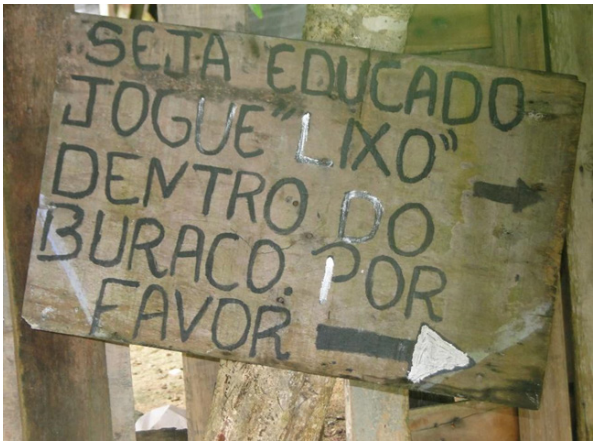
No que se refere ao primeiro caso, a ação é a adição de aterros baseados no descarte dos resíduos sólidos (domésticos) gera os depósitos

tecnogênicos gárbicos. Muitos são os casos em Manaus nos quais o saneamento básico e coleta de resíduos sólidos são precários, as voçorocas são utilizadas como ponto final de despejo de rejeitos sólidos, "bota-fora" ou lixões (Burgo *et al.*, 2002; Frota Filho, 2021; Kieckhöfer; Takamaha; Rossi, 2009; Vieira, 2008; Zolezzi; Bezzi, 2017).

Essa prática pode estar relacionada a dois principais fatores: 1) deficiência no sistema de coleta de resíduos sólidos pelo ente público; e 2) a necessidade de fazer a incisão parar de crescer com adição de qualquer material (Figura 10). Contudo,

> [...] esta falsa intenção resulta numa condição final, com estrutura física totalmente divergente da original e que acaba não suportando fisicamente as capacidades de forma igual ao restante da área. (Burgo *et al.*, 2002, p. 2).

Figura 10 – Placa localizada próximo à cabeceira de uma voçoroca, no bairro Gilberto Mestrinho, Manaus/AM



Fonte: Roberto Epifânio Lessa (2016)

Quando o material despejado no interior das incisões é mais do tipo vegetal (restos de poda e capina), ou ainda resíduos domésticos com presença de matéria orgânica, verifica-se uma diminuição no ritmo de crescimento da incisão (Figura 11), pois a vegetação começa a crescer no seu interior desacelerando a expansão da incisão. Diferentemente da incisão, que recebe qualquer tipo de material (Figura 12).

Figura 11 – Voçoroca Mauazinho 2, Manaus/AM, em momentos distintos

Foto da esquerda, em maio de 1995, voçoroca com acúmulo de resíduos domésticos; e na foto da direita, em fevereiro de 1997, nota-se o crescimento da vegetação no interior da incisão, fato que promoveu a diminuição da velocidade de expansão desta.

Fonte: Vieira (1998)

Figura 12 – Voçoroca com deposição de resíduos úrbicos e gárbicos

Voçoroca da esquerda com deposição tecnogência urbica, bairro Nova Floresta, Manaus/AM. Fonte: Antonio F.S.G. Vieira, 15/06/2006. Na voçoroca da direita, deposição tecnogênica gárbica, no bairro Jorge Teixeira, Manaus.

Fonte: Frota Filho (2016)

Estes tipos de depósitos podem desenvolver diversas alterações nas dinâmicas naturais que ocorrem no interior das voçorocas, e em especial no processo interno de remodelamento, como microrravinas e alcovas de regressão. Estas últimas ocorrem com frequência no interior das voçorocas influenciadas por processos naturais (fluxos de adesão e exfiltração, principalmente), podem ter surgimento relacionado aos resíduos depositados em seu interior, através das águas que, ao baterem em algum resíduo, ricocheteiem, vindo a colidir com a parede da voçoroca e provocar o surgimento dessas feições.

O desenvolvimento de alcovas de regressão nas voçorocas cria um vazio na base da parede da incisão e consequentemente ocorre a desestabilização da parte superior do solo, que cai sobre os depósitos tecnogênicos e faz com que a voçoroca aumente de tamanho.

Outra questão importante sobre os depósitos tecnogênicos gárbicos é o fato de perderem volume com o passar do tempo, devido ao processo de decomposição da matéria orgânica. Logo, mesmo que haja cobertura desse material por aterros, sedimentos transportados ou mesmo solo, este não terá coesão e cederá com mais facilidade. Assim, Burgo *et al.* (2002, p. 3) indicam que, quando as voçorocas são cobertas pelos depósitos tecnogênicos e sobrepostas por camadas de sedimentos, há a:

> [...] formação de uma pequena depressão alongada, acompanhando aproximadamente o eixo da erosão original, em virtude do recalque provocado pela decomposição gradual da fração orgânica do lixo aterrado. Essa depressão alongada age como elemento estrutural que favorece a concentração das águas de escoamento superficial que, na estação chuvosa, reativa o processo erosivo.

Isto, segundo o autor, justifica o estudo e análise das características e propriedades dos sedimentos, visto que esse material apresenta as propriedades fundamentais de estarem na forma de partículas desagregadas, tal como descrito em sedimentos arenosos naturais e em materiais mais finos, fração argila, a coesão (D'Agostino, 2008).

Além disso, há de se considerar os impactos no meio biofísico e social, a geração de chorume — o qual contamina os cursos d'água e o solo —, além de a presença de metais pesados e fármacos nos resíduos sólidos domésticos poder provocar contaminação das águas superficiais e subsuperficiais, e, dependendo da mobilidade dos metais pesados, de migrar para canais a jusante e de lençóis freáticos (Aniceto; Horbe, 2012) como efeitos *offsite*, assim ocasionando o que Walsh *et al.* (2005) denominam de síndrome do rio urbano, no qual estes sintomas como alteração da morfologia do canal, elevação das concentrações de nutrientes e contaminantes e redução da riqueza biótica ocorrem.

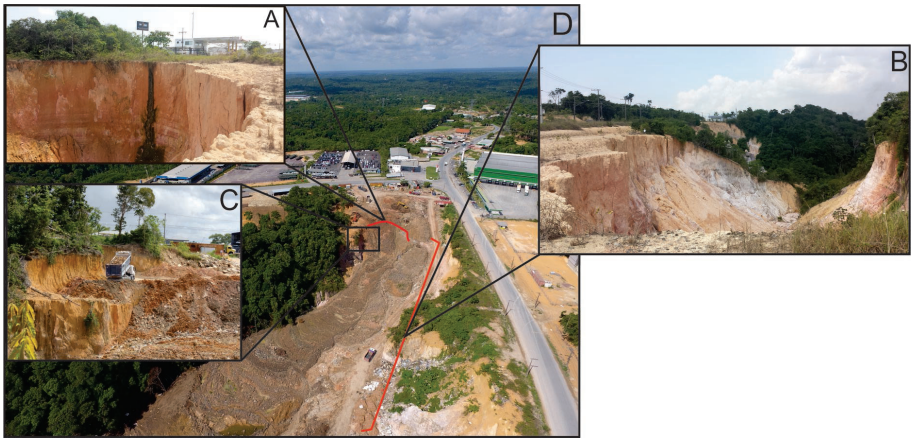
Ademais dos processos e dinâmicas elencadas, essa prática traz consigo a proliferação de doenças endêmicas como a dengue, que se reproduzem nos muitos utensílios domésticos jogados nessa incisão que

acumulam água (Vieira, 2008); a leptospirose e a hepatite A — oriundas respectivamente de animais como os ratos e baratas, atraídos pelos restos de alimentos lançados.

Ação da sociedade civil

Para tanto, escolheu-se como exemplo desse tipo a voçoroca localizada no Bairro Distrito Industrial II, na qual houve adição de toneladas de materiais, caracterizados como deposição tecnogênica úrbica — que, nesse caso, englobam restos industriais, de construção civil, entre outros (Figura 13). Contudo, devido à diversidade de materiais usados para aterramento e formação de patamares, observou-se um processo pedogenético na parte mais a jusante da área (Figura 14), que por sua vez auxilia na desaceleração da expansão.

Figura 13 – Voçoroca no Distrito Industrial (Manaus/AM) em diferentes momentos



Descrição: A) Vista da cabeceira da voçoroca em 20/09/2013, antes do processo de deposição e B) Vista da cabeceira em direção à jusante nessa mesma data. Fonte: Antonio F. S. G. Vieira (2013); C) Intervenção humana, escavação e deposição tecnogênica em 18/10/2017 e D) Vista geral da voçoroca com depósito tecnogênico.

Fonte: Frota Filho (2021)

Figura 14 – Depósito tecnogênico gárbico e úrbico com processo de pedogênese (em 2018)

Descrição: processo pedogenético ocorrendo onde se observa superfície com vegetação em verde-claro. Fonte: Frota Filho (2021)

Pela própria característica e comportamento geotécnico do material utilizado, não há segurança sobre esse tipo de contenção. Pois este se caracteriza desde tijolos e resto de construção civil a sacos de lixo que foram posteriormente aterrados. Um problema que se apresenta nessa voçoroca "contida" é a questão de doenças como a dengue, a leptospirose e a hepatite A, visto a existência de catadores de lixo que buscam material para reciclagem e, com isso, expondo-se mais a esses riscos (Frota Filho, 2021).

Contenção de voçorocas por meio de pesquisas acadêmicas

Destacam-se aquelas realizadas no âmbito do grupo de pesquisa Geografia Física da Amazônia, ligado ao Departamento de Geografia e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas, onde vêm se desenvolvendo algumas práticas relacionadas à contenção de voçorocas, sendo comumente utilizado o barramento, conforme já explicado no início deste trabalho. Essa técnica consiste em fazer barreiras com madeiras no interior da incisão de modo a diminuir a velocidade da enxurrada ao mesmo tempo que busca reter os sedimentos transportados (Figura 15). Concomitante a essa ação, são empregados: o

plantio direto de bambus no interior da incisão, distantes um dos outros por apenas 0,5 m de modo a permitir o maior adensamento da planta; além de pequenas valas para desvio da enxurrada na sua cabeceira.

Figura 15 – Sequência evolutiva da voçoroca nº 9, Círculo Militar de Manaus (Cirmman), antes e depois da contenção

Foto 1, cabeceira antes da contenção em novembro/2005; Foto 2, cabeceira logo após da introdução da barreira em agosto/2006; Foto 3, verifica-se acúmulo de sedimentos e brotação dos bambus em dezembro/2006; Foto 4, grande acúmulo de sedimentos e bambus com mais de 0,5 m em julho/2007. Fonte: Vieira (2008)

Essa técnica foi empregada em uma voçoroca na região de Manaus, na área do Cirmman, área pertencente ao Exército Brasileiro e que contava com cinco voçorocas ativas por volta de 2005. Assim como em Urucu, utilizou-se madeira para as barreiras, mas nesse caso foram utilizados restos de paletes descartados por empresas do Distrito Industrial de Manaus. Com essas estruturas, foram plantadas no interior da incisão mudas de bambu, as quais se adaptaram a esse ambiente. O processo mostrou-se promissor com efetiva contenção da incisão.

A técnica empregada consiste na construção de pequenas barragens de madeira em pontos estratégicos da incisão, com o objetivo de reter aí os sedimentos trazidos pelas enxurradas. O material trazido pela enxurrada constitui-se de partículas minerais do solo, restos orgânicos decompostos e até mesmo pequenos vegetais e sementes diversas. Esse conjunto de elementos transportados pela água corrente contribui para o aparecimento de novas plantas que tornarão cada vez mais resistente o solo contra os efeitos da erosão.

No platô a montante dessa voçoroca, foram realizados plantio de visgueiro (Parkia *pendula Benth.* ex Walp.), andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), castanheira (*Bertholletia excelsa* H.B.) e acácia (*Acácia mangium* Wild), as quais têm contribuído para a reposição de nutrientes e o melhoramento das condições mecânicas do solo, consequentemente formando serrapilheira (Ferraz *et al.*, 2008).

Importante destacar que as ações relacionadas à contenção de voçorocas em Manaus não têm se mostrado eficientes, pois algumas destas não têm apresentado o resultado esperado; por conseguinte, observam-se obras onerosas e algumas tecnicamente ineficiente, visto que algumas voçorocas foram reativadas ou mostraram problemas no produto final.

Considerações finais

Este estudo apresentou uma análise sobre as técnicas de contenção de voçorocas já realizadas em Manaus de 1998 a 2024. Os resultados revelam que o processo de contenção de voçorocas é capitaneado por ações do poder público, ainda que não seja o único agente que promova ações com intuito de conter ou recuperar áreas degradadas. Entretanto, bairros com maior quantidade de voçorocas e áreas de risco a elas não são os que têm maior quantidade de ações para conter tais incisões e reduzir a vulnerabilidade na área afetada.

No que concerne aos agentes que desenvolvem as técnicas de contenção, ao confrontar as discussões teórico-conceituais com as consequências das ações de contenção e/ou recuperação de áreas degradadas por voçorocamento, observa-se que, para o sucesso dessas ações, é crucial o entendimento das dinâmicas hidrogeomorfológicas, visto que, do contrário, além de a contenção não ser efetiva, abre margens ao desenvolvimento de outras feições erosivas.

Isso se prova real com base em contenções cujas canaletas de águas pluviais e servidas não possuem dissipador de energia, o que tende a desencadear processos erosivos, visto que, quando o fluxo hídrico concentrado com alto potencial cinético chega ao fim da estrutura e encontra o solo, ocorre destacamento e transporte de partículas. Outro exemplo da importância de entender tanto a questão hidroerosiva quanto a pedológica está no uso de materiais diversos para aterramento, como depósitos tecnogênicos, que, pela característica geotécnica do material utilizado, não geram segurança, devido a sua inconsolidação, pois o material, além de instável, pode se mover subsuperficialmente sem aviso prévio.

Outro ponto relevante é sobre os gastos nas ações de contenção, indo na contramão do pensamento convencional. Ações com maior verba são as mais efetivas; para tanto, o uso de barreiras com madeiras no interior da incisão e o plantio direto de mudas no interior da incisão e em seu entorno, apesar de não usarem grande maquinário, conseguem fazer a contenção de incisões de forma segura e duradoura, além de auxiliarem na própria recomposição da paisagem, de forma orgânica e com menor custo financeiro.

Esses resultados fornecem informações relevantes para a compreensão de ações de contenção de voçorocas e na recuperação da área afetada. Além de serem representativos, ainda que versem sobre Manaus, da dinâmica erosiva em sítios urbanos, algo recorrente no Brasil, e por consequência há a necessidade de discutir melhores técnicas e abordagens na contenção de feições erosivas lineares.

Referências

ALBUQUERQUE, A. R. C. **A aplicação de técnicas geoambientais para reabilitar áreas degradadas na base Geólogo Pedro de Moura**: bacia do rio Urucu (Coari-AM). 2007. Tese. (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

ALBUQUERQUE, A. R. C. Recuperação de área degradada. *In*: LIMA, M. C.; ARAUJO, N. J. S.; CRUZ, M. J. M. **A geografia amazônica em múltiplas escalas**. Embu das Artes; Manaus: Alexa Cultural; Edua, 2021. v. 1, p. 17-35.

ANDRADE, A. G.; PORTOCARRERO, H.; CHAVEZ, T. A. Bioengenharia de solos aplicada ao controle da erosão e a recuperação de áreas com alto nível de degra-

dação. *In*: LOUREIRO, H. A. S.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Erosão em áreas tropicais**. Rio de Janeiro: Interciência, 2023. p. 149-187.

ANDRETA, E. R. *et al.* Mapeamento das áreas de risco no bairro Gilberto Mestrinho, zona leste de Manaus – AM. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2013.

ANICETO, K. C. P.; HORBE, A. M. C. Solos urbanos formados pelo acúmulo de resíduos em Manaus, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, p. 135-148, 2012.

BATISTA, D. C. L. **Impacto ambiental por ocupação em encostas urbanas**: estudo de caso no bairro Gilberto Mestrinho, zona leste de Manaus. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

BATISTA, D. C. L.; ALBUQUERQUE, A. R.; FELIX, R. O. Delimitação de áreas de preservação permanente estudo de caso no bairro Gilberto Mestrinho zona leste de Manaus. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 6, n. especial, p. 1-8, out. 2015.

BATISTA, D. C. L.; VIEIRA, A. F. S. G.; MARINHO, R. R. O uso do Google Earth Pro no mapeamento de voçorocas na área urbana de Manaus (AM), Brasil. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 10, n. 20, p. 1-12, jan./abr. 2019.

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão integrada da problemática da erosão. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 3. **Livro guia**. Maringá: ABGE; Adea, 1985. p. 332.

BURGO, P. C. F. *et al.* Problemáticas da descaracterização da identidade dos resíduos de construção e demolição. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS AMBIENTAIS, 2., 2002. Santos. **Anais** [...]. Santos: Museu de Pesca, 2002. p. 1-3.

D'AGOSTINO, L. F. **Praias de barragens de rejeitos de mineração**: características e análise da sedimentação. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

FERRAZ, J. B. S. *et al.* Plantio de castanheira da Amazônia (Bertholhetia excelsa H.B.) para restauração de áreas altamente degradadas em Manaus (AM) – Brasil. *In*: CONGRESO FORESTAL LATINO-AMERICANO, 4. **Libro resúmenes**. Umérida, Venezuela: Universidad de los Andes, 2008. p. 174.

FROTA FILHO, A. B. **Alterações antropogênicas na geomorfologia e suas influências na aceleração dos processos erosivos, bacia hidrográfica colônia Antônio Aleixo, Manaus-AM**. 2021. Tese (Doutorado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

FROTA FILHO, A. B. **Análise da vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica colônia Antônio Aleixo, Manaus-AM**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para a sua elaboração. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, DF, v. 23, n. 1. p. 183-185, 2014. Disponível em: https://scielo.br/j/ress/a/yPKRNymgtzwzWR8cpDmRWQr/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 20 mar. 2023.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. C. O. Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo: estudo de caso da voçoroca do Sacavém – São Luís – MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [*S. l.*], v. 24, p. 1-20, 2023.

JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e movimentos de massa: recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. *In*: JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 7-30.

KIECKHÖFER, A. M.; TAKAHAMA, C. T.; ROSSI, R. C. Gestão de resíduos sólidos urbanos de Marília-SP e região. **Revista Estudos**, Marília, v. 13, n. 13, p. 213-248, 2009.

MOLINARI, D. C. Áreas de risco a voçorocamento em Manaus/AM: uma contribuição para a geografia ambiental. **Ambientes**: Revista de Geografia e Ecologia Política, Francisco Beltrão, v. 4, n. 2, p. 15-70, 2022.

MOLINARI, D. C. Intervenções públicas em áreas de risco a voçorocamento na cidade de Manaus (AM). **Verde Grande**: Geografia e Interdisciplinaridade, Montes Claros, v. 6, p. 1-30, 2024.

MOLINARI, D. C. **Vulnerabilidade ambiental em áreas de risco a voçorocamento em Manaus (AM)**. 2023. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Amazonas, Manaus, 2023.

NARDIN, C. F. *et al.* Uso de medida física para recuperação de áreas degradadas em ambiente de cerrado: resultado para o uso de barreiras com material de baixo custo na recuperação de voçorocas. **Revista de Geografia**, Recife, v. especial (8. Sinageo), n. 2, p. 177-189, 2010.

NUNES, J. O. R. *et al.* Estabilização de erosão hídrica em antropossolos com técnicas de bioengenharia na área de proteção ambiente de uso sustentável do

Timburi, município de Presidente Prudente, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [*S. l.*], v. 24, n. 00, p. 1-24, 2023. DOI 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2325. Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2325. Acesso em: 30 abr. 2024.

SÃO PAULO. Secretaria de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Controle de erosão**. 2. ed. São Paulo: Daee, 1990.

SILVA, L. C. M.; LOPES, G. F.; NUNES, J. O. R. Contenção e estabilização de erosões lineares por meio de técnicas de bioengenharia em propriedade da área de proteção ambiental do Timburi, Presidente Prudente-SP. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 18, n. 2, Curitiba, p. 351-374, 2023.

TEIXEIRA, N. C.; GUIMARÃES, C. D. C. Métodos de contenção e estabilização de processos erosivos avançados e voçorocas no Brasil. **Saberes Interdisciplinares**, [*S. l.*], v. 5, n. 10, p. 73-92, 2017. DOI 10.2021/saberesinterdisciplinares.v5i10.126. Disponível em: https://uniptan.emnuvens.com.br/SaberesInterdisciplinares/article/view/126. Acesso em: 5 maio 2024.

TEIXEIRA, N. C.; GUIMARÃES, C. D. C. Métodos de contenção e estabilização de processos erosivos avançados e voçorocas no Brasil. **Saberes Interdisciplinares**, São João del-Rei, n. 10, p. 73-92, 2012.

TORRES NETO, D. G. **Ocupação territorial**: um estudo de caso no bairro Grande Vitória em Manaus, AM. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2004.

VERDUM, R.; VIEIRA, C. L.; CANAPPELE, J. C. G. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. Porto Alegre: Igeo/UFRGS, 2016.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM)**: principais fatores controladores e impacto urbano ambientais. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VIEIRA, A. F. G. **Erosão por voçorocas em áreas urbanas**: o caso de Manaus (AM). 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

VIEIRA, A. F. S. G.; FROTA FILHO, A. B. Avaliação das técnicas de monitoramento de voçorocas: o exemplo da região metropolitana de Manaus-AM, na região amazônica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [*S. l.*], v. 24, n. 00, p. 1-28,

2023. DOI 10.20502/rbg.v24i00.2302. Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2302. Acesso em: 30 abr. 2024.

WALSH, C. J. *et al.* The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. **Journal of the North American Benthological Society**, [*S. l.*], v. 24, n. 3, p. 706-723, Sept. 2005.

ZOLEZZI, G.; BEZZI, M. Urban gully erosion and the SDGs: a case study from the Koboko rural town of Uganda. **EGU General Assembly Conference Abstracts**, Viena, v. 19, p. 11.687, Apr. 2017.

RECUPERAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS LINEARES E ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO: ESTUDO DE CASO DE UMA PROPRIEDADE RURAL LOCALIZADA NO DISTRITO DE AMADEU AMARAL, MUNICÍPIO DE MARÍLIA/SP

Carolina Julian
João Osvaldo Rodrigues Nunes

Introdução

O solo, assim como a água e o ar, é um elemento fundamental para a manutenção da vida no planeta, pois abriga uma grande biodiversidade e regula o ciclo hidrológico. Assim como os outros elementos, ele vem sofrendo com as constantes intervenções antrópicas, estas sendo executadas sem um estudo ou uma realização adequada, impulsionados por um padrão de produção industrial (Monteiro *et al.*, 2021).

Os processos erosivos são ocorrências naturais que agem sobre os solos e rochas para modificação do relevo da terra, sendo entendido como a desagregação, o transporte e a deposição de partículas de solo pelas águas, pelos ventos ou pelas geleiras. Considerando o clima tropical do país, a erosão hídrica (pela água) tem maior intensidade e abrangência, o que a coloca em destaque para as condições do país (Wadt *et al.*, 2003).

A erosão hídrica é um processo complexo que ocorre em três fases diferentes, mas nem sempre distintas, pois podem ocorrer concomitantemente: a desagregação, o transporte e a sedimentação (Araujo; Almeida; Guerra, 2013; Bertoni; Lombardi Neto, 1999). Ela começa quando com o efeito *splash*, quando as gotas de chuva começam a incidir diretamente sobre a superfície do solo, gerando ruptura dos agregados e desprendendo as partículas. Em seguida as partículas desprendidas são transportadas quando o solo está saturado ou quando a lâmina precipitada é superior à capacidade de infiltração de água no solo, gerando escoamento superficial. Ao perder força, o material transportado deposita-se em locais mais baixos, depressões naturais ou reservatórios de água (Valle Junior, 2008).

A erosão hídrica causa a retirada da camada superior do solo onde são encontradas as maiores concentrações de nutrientes e matéria orgânica, sendo consideradas uma das principais formas de degradação do solo, ocasionando consequências significativas para a agricultura (Wadt *et al.*, 2003).

Juntamente à erosão, Zanzarini e Rosolen (2009) afirmam que a degradação das pastagens é um dos maiores problemas da pecuária brasileira na atualidade, podendo acarretar prejuízos aos solos, como a intensificação dos processos erosivos. Uma das causas dessa degradação é a pressão excessiva dos animais sobre a cobertura vegetal, pois causa uma maior competição pela mesma vegetação, o que pode ultrapassar a produtividade da área e a destruição da cobertura vegetal (Araujo; Almeida; Guerra, 2013).

> A modalidade de exploração exercida na criação de bovinos no país é o regime de pastagens: "alimentação base da pecuária nacional". Faz-se observar uma elevada perda de fertilidade dessas áreas, em virtude da ausência de um manejo adequado dos pastos que levam a compactação da camada superficial do solo e exposição do mesmo a gotas das chuvas levando a processos erosivos. Contudo, com o advento do desenvolvimento de práticas como os Sistemas Silvipastoris e técnicas conservacionistas tais como os terraços, curvas de nível, bacias de captação de enxurradas e cochinhos, estabelece-se uma nova concepção da agropecuária no combate a degradação de solos (Monteiro *et al.*, 2023, p. 83).

Com a ação do homem, por meio da inserção de práticas que desequilibram as condições naturais, há aceleração da velocidade com que os processos erosivos ocorrem, o que pode ocasionar grandes prejuízos para a agropecuária e para o meio ambiente, com a ocorrência de perda de produtividade, prejuízo na quantidade e qualidade dos recursos hídricos (Monteiro *et al.*, 2021; Valle Junior, 2008).

A ocorrência de processos erosivos, quando não controlada, pode ocasionar degradação ambiental, que necessita de ações para a recuperação. Atualmente, entre as formas de conservação e preservação da diversidade faunística e florística nacional, já se têm diversos meios para recuperação de áreas degradadas, abrangendo várias técnicas desenvolvidas em território nacional (Oliveira *et al.*, 2021).

A bioengenharia de solos pode ser considerada como uma metodologia alternativa para a recuperação de áreas degradadas, pois apresenta várias opções possíveis para resolução de problemas de maneira adequada, sendo necessários os conhecimentos associados aos materiais disponíveis, ao uso e à ocupação da área, bem como também a participação das comunidades locais (Nakata; Julian, 2018).

De forma geral, a bioengenharia de solos busca utilizar de materiais vivos (natureza vegetal) e inertes (madeira, rochas, metais, polímeros e outros materiais), atuando de forma a fortalecer o solo, melhorando drenagem, movimentação de terra e de desenvolvimento de uma cobertura vegetal. Tem a intenção de acelerar a recuperação do local atingido por meio da imitação ou aceleração do que está acontecendo naturalmente (Almeida; Coelho, 2017; Pereira Neto, 2012; Pinto, 2009; Schmeier, 2013).

Para que um projeto de bioengenharia apresente os resultados esperados, é necessária a avaliação de vários aspectos do local, como condições climáticas, topografia, tipo de solo etc., para avaliação de diversos quesitos, como hidrologia, drenagem, revestimento vegetal (Holanda *et al.*, 2009, 2010; Pinto, 2009).

Outra metodologia que necessita da avaliação dos elementos e aspectos locais é a de estimativa de perda de solo por métodos matemáticos, como a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS). Sendo que os modelos matemáticos de predição de erosão podem ser utilizados para o planejamento agrícola, elaborados a partir de observações de processos erosivos e de sua descrição matemática (Valle Junior, 2008). Ela considera a erosividade, a erodobilidade, o fator topográfico (declividade e comprimento de rampa), a cobertura do solo e as práticas conservacionistas para a composição da equação a partir das condições e características do local, podendo estas ser obtidas de diversas metodologias (Araujo; Almeida; Guerra, 2013).

Já a utilização das parcelas de monitoramento permite entender a dinâmica do processo erosivo com situações comuns de campo, controlando ou não os fatores que influenciam a sua ocorrência (Guerra, 2002). Com elas é possível medir a produção de escoamento e sedimentos em uma superfície de terreno de delimitação conhecida, sobre a qual é possível determinar suas características de forma mais pontual e precisa (Julian, 2022).

A utilização da estimativa da perda de solo em associação às metodologias de bioengenharia pode ser uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas de forma ágil e eficiente. Isso porque os estudos relacionados a estimativas de perda de solo podem servir de base para a elaboração das técnicas de bioengenharia na área e para ter melhores resultados.

Considerando que, entre as principais causas associadas para surgimento de erosões no solo, estão as atividades antrópicas aliadas a fatores naturais (Bertoni; Lombardi Neto, 1999; Pereira Neto, 2012), as práticas de conservação do solo são primordiais para que seja possível manter o solo e as terras férteis, assim como a produtividade associada.

Metodologia

Para o desenvolvimento do presente artigo, foram considerados os trabalhos realizados na propriedade localizada no Distrito de Amadeu Amaral em Marília/SP por Julian (2022), e Nakata e Julian (2018), de forma a apresentar um estudo de caso sobre a recuperação de uma área degradada com processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçoroca).

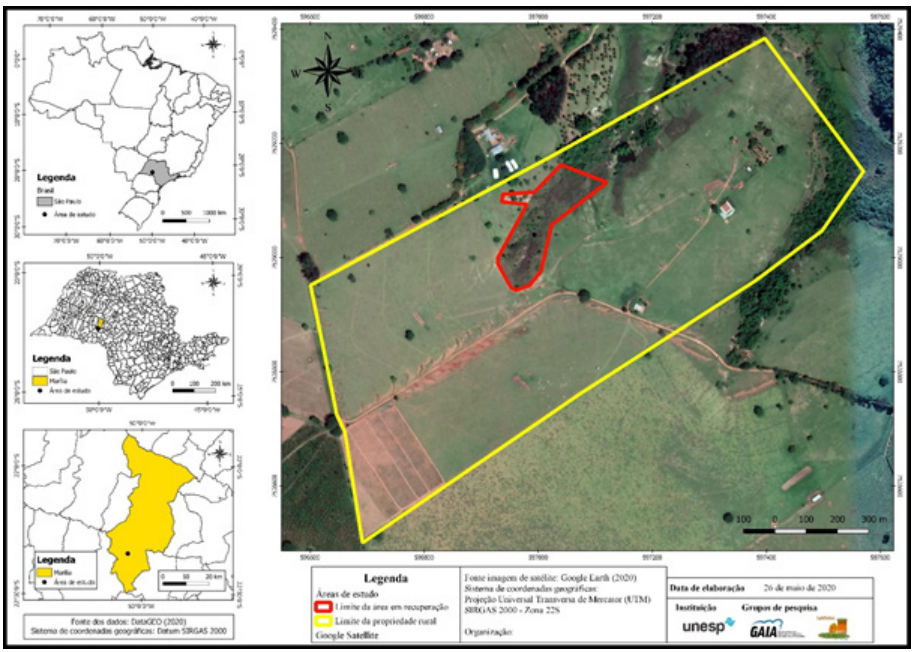
Nessa área de trabalho foram implementadas técnicas de bioengenharia através do uso de paliçadas de bambu e sacos de ráfia. Também foram calculadas as estimativas de perda de solo, através de métodos diretos (parcela de monitoramento) e indiretos (EUPS), comparando as áreas em recuperação com as de uso para pecuária bovina.

Para análise das técnicas implantadas e dos resultados previamente obtidos, foram considerados os dois trabalhos como base deste artigo, assim como outros trabalhos na mesma região e de temáticas semelhantes.

Caracterização da área de estudo

O local onde foram desenvolvidos os estudos está no distrito de Amadeu Amaral, na região sudoeste do município de Marília/SP (UTM SIRGAS 2000, Zona 22, 596960 m E, 752893 m S), conforme indica a Figura 1.

Figura 1 – Localização do local de desenvolvimento do estudo, com destaque para o processo erosivo existente (24/05/2020)



Fonte: Julian (2022)

Historicamente essa região sofreu um intenso processo de desmatamento com a substituição de sua vegetação nativa por áreas agrícolas, provocando o agravamento dos problemas relacionados a erosões laminares e lineares existentes (Bezerra *et al.*, 2009).

Essa propriedade sofreu esse mesmo processo de ocupação, na qual inicialmente era utilizada para cultivos agrícolas que, em função do desgaste da terra, foram sendo substituídos por outros menos exigentes, até o uso atual para pecuária de gado de corte. Como práticas de conservação utilizadas, é realizado o pastoreio rotativo, porém sem outras medidas de manejo adequadas, intensificando os processos erosivos.

O clima da região é caracterizado como Cwa, de acordo com a sistemática de Köppen, que se trata de um clima subtropical de inverno seco, com temperaturas inferiores a 18º C e verão quente, com temperaturas superiores a 22º C (Embrapa, c2024). O município de Marília de forma específica apresenta temperatura média máxima anual de 26,3° C; mínima em torno de 13,7° C; com mínima absoluta de -3,6° C, uma temperatura

máxima absoluta de 39,4° C, e precipitação mensal média de 116 mm e total de 1.392 mm, concentrados principalmente nos meses mais quentes, entre novembro e fevereiro (Julian, 2022; Prela-Pantano, Bardin-Camparotto, Meireles, 2021).

Geologicamente a área de estudo está localizada na Bacia Sedimentar do Paraná, em seu subgrupo da Bacia Sedimentar Bauru (Neocretáceo) (IPT, 1981a; Santos, 2014). Mais especificamente se situa na Formação Marília, que se diferencia das demais formações do grupo principalmente por seu ambiente de formação e agente cimentante predominante, apresentando abundância de carbonato de cálcio, resultando em uma maior resistência ao processo de erosão em relação às outras formações do grupo (Santos, 2014).

O município de Marília geomorfologicamente está situado na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, localizado sobre rochas do Grupo Bauru, sendo que nesse planalto é possível identificar variações fisionômicas regionais que delimitam unidades geomorfológicas distintas (Ross; Moroz, 1997), Entre as formações desse grupo, a região de estudo se encontra dentro do Planalto Residual de Marília (Julian, 2022), cujo relevo, conforme IPT (1981b), se caracteriza por ser levemente ondulado com predomínio de colinas e morrotes. Ele apresenta, predominantemente, colinas amplas e médias circundadas por relevos de transição com escarpas festonadas e encostas sulcadas por vales subparalelos.

No Planalto Residual de Marília, encontra-se uma área de exposição de rochas da Formação Marília, apresentando arenitos e conglomerados de cimentação carbonática. Essas rochas se apresentam intensamente erodidas e sustentando platôs alongados de topos suavemente ondulados e espigões (IPT, 1981b).

Na região do Planalto Residual de Marília, predominam os Argissolos Vermelhos e Neossolos Litólicos (Baldassarini, 2013; Oliveira *et al.*, 1999). Porém, na área de estudo foram encontrados de forma predominante solos do tipo Neossolo Quartzarênico, de textura arenosa, com mais de 800 $g.kg^{-1}$ de fração areia, densidade média de 1,77 $g.cm^{-3}$, com muitos poros, estrutura grumosa (A) e sem estrutura nos horizontes C1, C2 e C3; não possui plasticidade ou cerosidade e consistência solta ao longo de todo o perfil (Nakata; Julian, 2018). Esses solos apresentam baixa profundidade e por serem muito arenosos; e também limitações de uso, devido à baixa capacidade de armazenamento de água e nutrientes para as plantas (Lepsch, 2010).

Desenvolvimento das técnicas de bioengenharia implantadas

O principal motivo para início dos estudos na área foi a presença de uma voçoroca que apresenta três ramificações principais e afloramento do aquífero freático suspenso em todos os setores (Julian, 2022; Nakata; Julian, 2018).

Desta forma, inicialmente foram identificadas as cavas de escoamento superficial direcionadas ao interior da voçoroca, nesses pontos foram coletadas amostras de solo de forma a verificar o material predominante que estava sendo carreado durante as precipitações. Foi identificado que cerca de 90% das amostras eram compostas pela fração areia: 45% dessa fração era de areia média e 35% de areia fina (Nakata; Julian, 2018). Ou seja, demonstrou-se que os principais materiais carreados pelos processos erosivos na área eram de sedimentos facilmente carreáveis, friáveis e com baixa coesão, o que influenciou a ocorrência de processos erosivos na área.

A primeira e principal medida realizada na área foi o cercamento do foco da erosão. Com isso e o início do período de chuvas, notou-se uma melhora significativa da cobertura vegetal de gramíneas e uma estabilidade dinâmica da erosão. Dessa forma, foram escolhidos quatro pontos dos previamente analisados para serem instalados os barramentos de bambu.

Figura 2 – Posicionamento aproximado dos barramentos implementados

Fonte: Nakata e Julian (2018)

Inserimos na Tabelas 1 um resumo das situações iniciais e finais de cada um dos barramentos instalados na área de estudo.

O barramento instalado no ponto 1 (Tabela 1) apresentou rompimento dos sacos em sua parte superior, contenção significativa de sedimentos, e não crescimento significativo da vegetação em sua proximidade, considerando onde havia a presença do gado.

Tabela 1 – Condições iniciais e finais do barramento 1

Data da medida	**Medida (cm)**	**Diferença entre as medidas**		**Imagens dos períodos**
		Tempo (meses)	**Medida (cm)**	
Dez. 2015	52	12	23	
Out. 2017	29			

Fonte: Nakata e Julian (2018). Organização dos autores (2024)

O barramento instalado no ponto 4 (Tabela 2) apresentou a necessidade de substituição dos sacos durante o período de monitoramento (Nakata; Julian, 2018), contenção significativa de sedimentos e crescimento significativo da vegetação, inclusive com a presença de uma vegetação arbustiva.

Tabela 2 – Condições iniciais e finais do barramento 4

Data da medida	Medida (cm)	Diferença entre as medidas		Imagens dos períodos
		Tempo (meses)	Medida (cm)	
Out. 2016	50	12.	37	
Out. 2017	13			

Fonte: Nakata e Julian (2018). Organização dos autores (2024)

O barramento instalado no ponto 5 (Tabela 3) apresentou rompimento dos sacos em sua parte superior, contenção significativa de sedimentos e crescimento da vegetação em sua proximidade, considerando onde havia a presença do gado.

Tabela 3 – Condições iniciais e finais do barramento 5

Data da medida	Medida (cm)	Diferença entre as medidas		Imagens dos períodos
		Tempo (meses)	Medida (cm)	
Out. 2016	50	12.	15	
Out. 2017	35			

Fonte: Nakata e Julian (2018). Organização dos autores (2024)

Os barramentos instalados no ponto 8 (Tabela 4) apresentaram menor rompimento dos sacos, crescimento significativo da vegetação, retenção significativa de sedimentos, principalmente nos espaços entre os barramentos.

Tabela 4 – Condições iniciais e finais dos barramentos 8

Data da medida	Medida (cm)	Diferença entre as medidas		Imagens dos períodos
		Tempo (meses)	Medida (cm)	
Out. 2016	B1: 65 B2: 65 B3: 60 B4: 68 B5: 75	12.	B1: 27 B2: 52,5 B3: 23 B4: 28 B5: 25	
Out. 2017	B1: 38 B2: 12,5 B3: 37 B4: 40 B5: 50			

Fonte: Nakata e Julian (2018). Organização dos autores (2024)

De maneira geral, o que se notou com o monitoramento dos barramentos é que a presença do barramento permitiu a contenção de uma quantidade significativa de sedimentos que seriam escoados até o interior da voçoroca. Isso indica que, durante os eventos de precipitação, o escoamento perdeu força e velocidade ao alcançar os barramentos, efeito esse fundamental para o controle e estabilização de processos erosivos.

No interior da área cercada, foi realizado o plantio de mudas nativas (Nakata; Julian, 2018). Importante destacar que a vegetação verificada ao entorno dos barramentos se altera de acordo com os diferentes períodos de precipitação ao longo do ano, apresentando uma alta taxa de mortalidade nos períodos secos.

A última técnica de bioengenharia utilizada na área foi a instalação de redes de juta, com hidrossemeadura, em duas vertentes no interior da voçoroca de forma a auxiliar no crescimento da cobertura vegetal, a fim de estabilizar o avanço da erosão.

Figura 3 – Localização das redes de juta para estabilização implantadas

Fonte: Nakata e Julian (2018)

Na Tabela 5, onde foram apresentadas as condições iniciais e finais das redes de juta, verificou-se que estas foram danificadas ao longo do tempo, mas que, mesmo assim, permitiram que as gramíneas começassem a se fixar nas vertentes onde estavam instaladas.

Tabela 5 – Condições iniciais e finais das redes de juta

Rede de juta em V1	**Rede de juta em V2**
Inicial - outubro de 2016	Inicial - março de 2017

Final - outubro de 2017	Final - outubro de 2017

Fonte: Nakata e Julian (2018). Organização dos autores (2024)

Com o cercamento da área (isolamento) e a implantação dessas técnicas de bioengenharia ao longo do período de monitoramento a área apresentou um crescimento significativo da vegetação em seu interior, e um estado de estabilidade dinâmica foi criado na área.

Na Tabela 6 foram inseridas imagens do início, do meio e do fim do monitoramento da área, em que, na imagem inicial, notou-se a existência de diversas vertentes sem nenhum tipo de cobertura vegetal; na do meio do período, mesmo sendo uma época de estiagem, há uma cobertura vegetal cobrindo o solo; e na final, a permanência dessa vegetação de cobertura.

Tabela 6 – Condições iniciais e finais das áreas de estudo

Data	**Imagens da área**
Fev. 2015	

Data	Imagens da área
Jun. 2016	
Out. 2017	

Fonte: Nakata e Julian (2018) e Organização: autores (2024)

De toda a forma, notou-se uma melhoria significativa da cobertura e estabilidade do processo erosivo após o cercamento do seu entorno e a retirada do gado da área.

Estimativas da perda de solo na área

Para a estimativa da perda de solo na área, foram utilizados dois métodos, um de quantificação direta e outro de quantificação indireta, ambos sendo realizados após a aplicação das técnicas de bioengenharia.

A quantificação direta se deu pela implantação de uma parcela de monitoramento, dentro da área isolada, com a quantificação pelo material acumulado na calha coletora e também pela medição dos pinos de erosão inseridos no interior da parcela, que eram convertidos para variação de acúmulo ou perda de solo (Figura 4).

Figura 4 – Parcela experimental com os pinos de erosão, a calha coletora de sedimentos e o tanque de água

Fonte: Julian (2022)

Por meio da quantificação por meio dos pinos de erosão, foi estimada uma taxa de perda de solo de 207 t/ha.ano, considerando as conversões necessárias. Já pela quantificação direta dos sedimentos acumulados na calha coletora, foi estimada uma taxa de perda de solo de 2 t/ha.ano. Conforme apontado por Julian (2022), o valor estimado por meio dos pinos de erosão foi bastante superior ao estimado pelos sedimentos armazenados na calha coletora, sendo que os principais motivos apontados foram a necessidade de maior deslocamentos dos sedimentos para serem armazenados na calha, influência do efeito *splash* nos pinos e também a própria metodologia dos pinos de erosão, que considera somente a perda do solo e não a seu acúmulo em outro ponto, o que aumenta de forma considerável o valor estimado.

Para a metodologia de estimativa de perda de solo de forma indireta, foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solos, sendo que para essa situação foram considerados os cenários da propriedade como um todo e da área cercada, que iria representar uma comparação com o método direto.

Para a propriedade como um todo, foi estimada uma taxa de perda de solo da ordem de 278 t/ha.ano, enquanto, para a área cercada (intitulada de parcela de monitoramento), foi estimada uma taxa de perda de solo de 3 t/ha.ano. Sobre isso, Julian (2022) ressalta a importância de serem consideradas as condições reais existentes na área a ser estudada por esse método, pois isso pode resultar em valores errôneos para a situação encontrada, e também a escolha e adaptação das melhores metodologias

para cálculo dos fatores que compõem a equação, pois muitas ainda não foram calibradas para o Brasil.

Com essas informações e a observação dos usos e ocupações realizados na área, Julian (2022, p. 99) pontua:

> A perda de solo estimada pela EUPS utilizando as condições da propriedade de forma geral resultaram em valor com ordem de grandeza considerável. Isso indica que as condições na paisagem observadas atualmente fora da área cercada onde encontra-se a voçoroca, não são suficientes para reduzirem a perda de solo na área restante da propriedade. Além disso, que a aplicação de práticas conservacionistas adequadas poderia reduzir essa perda estimada, ressaltando o fator topográfico que poderia ser alterado com a adoção de técnicas de conservação do solo, como o terraceamento.

Além disso, a área com cercamento e aplicação das técnicas de bioengenharia apresentou uma taxa de perda de solo consideravelmente menor, considerando a totalidade, indicando que a área externa com acesso ao gado apresentava uma taxa de perda de solo alta.

Considerações finais

A partir dos trabalhos realizados na área de estudo em questão, percebeu-se que o solo da área, um Neossolo Quartzarênico, apresenta uma perda de solo com ordem de grandeza significativa quando não manejado de forma adequada, percebido pela diferença de grandeza estimada com a perda de solo.

As técnicas de bioengenharia auxiliaram a redução e estabilização de processos erosivos; com a sua aplicação em conjunto com outras técnicas de conservação, a redução do aumento do processo erosivo se torna possível.

As metodologias aplicadas na área para estimativa de perda de solo e as técnicas de bioengenharia utilizadas foram afetadas pelas precipitações ocorridas, em seus valores estimados, crescimento da vegetação e desgaste dos materiais e instalações.

Pelo acompanhamento da área durante todo esse período dos trabalhos realizados na área, mostra-se que um dos fatores de maior influência na estabilização foi o cercamento da voçoroca, e a consequente retirada do gado, relacionado ao seu pisoteio.

Os trabalhos realizados mostram a importância de um diagnóstico, como determinação da estimativa da perda de solo (métodos diretos e indiretos), análise da morfologia das formas de relevo da área, e também da aplicação de técnicas de bioengenharia eficientes e de fácil aplicação, que permitam resultados rápidos no auxílio da conservação ambiental da área degradada.

Além disso, a utilização dessas técnicas, mesmo auxiliando a estabilização dos processos de erosão existentes, não substitui as aplicações de práticas conservacionistas, que, em conjunto com outras técnicas utilizadas de forma adequada, garantem a eficiência da capacidade produtiva local.

Agradecimentos

Primeiro a Deus, pela força em todos os momentos.

Agrademos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela aprovação da Bolsa de Iniciação Cientifica (Processo: 15/11261-5), sem o qual não teria sido possível a realização de parte da pesquisa. Aos organizadores pelo convite. E a todos que de alguma forma apoiaram e auxiliaram na elaboração e execução deste trabalho ao longo do tempo, nosso muito obrigada.

Referências

ALMEIDA, E. S.; COELHO, E. M. S. Processo de recuperação de área degradada por voçorocas. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 1, n. 85, 2016. Disponível em: http://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/erickson.pdf. Acesso em: 21 mar. 2017.

ARAUJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. ed. 9. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

BALDASSARINI, J. S. **Recuperação de áreas degradadas por erosão hídrica em propriedades produtoras de café nos municípios de Getulina e Vera Cruz-SP**. 2013. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. Paulo: Ícone, 1999.

BEZERRA, M. Â. *et al.* Análise geoambiental da região de Marília, SP: suscetibilidade a processos erosivos frente ao histórico de ocupação da área. **Revista Geociências [da] Unesp**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 425-440, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Clima**. Brasília, DF: Embrapa, c2024. Disponível em: https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm. Acesso em: 16 fev. 2024.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. *In:* CUNHA, S.B.;GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia – Exercícios, Técnicas e Aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 139-155.

HOLANDA, F. S. R. *et al*. Controle da erosão em margens de cursos d'água: das soluções empíricas à técnica da bioengenharia de solos. **Revista Ra'ega**, v. 17, n. 1, p. 93-101, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do estado de São Paulo**: 1:500.000. São Paulo: IPT, 1981a. v. 1. (Monografias, 6; Publicação IPT 1184).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**: 1:1.000.000. São Paulo: IPT, 1981b. v. 1, p. 76-94. (Monografias, 5; Publicação IPT 1183).

JULIAN, C. **Estimativa de erosão utilizando método direto e indireto em propriedade rural no distrito de Amadeu Amaral, município de Marília/SP**. 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2022.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MONTEIRO, R. J. *et al*. Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural. *In:* SOUZA, M.N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Canoas: Mérida Publishers, 2021.133p. p. 80-114. https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c2.

NAKATA, A. A. M.; JULIAN, C. **Aplicação de metodologias alternativas para recuperação de focos erosivos em áreas de nascentes no distrito de Amadeu Amaral, município de Marília/SP**. 2018. (Monografia em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista – Presidente Prudente, 2018.

OLIVEIRA, J. B. *et al.* **Solos do estado de São Paulo**: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agronômico, 1999.

OLIVEIRA, J. P. C. de, *et al*. A utilização inadequada do solo e seus impactos na degradação das áreas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12,

e35101219948, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.19948.

PEREIRA NETO, A. F. **Bioengenharia no controle de processos erosivos de áreas de hidrelétricas – O caso da PCH Costa Rica (MS)**. 2012. 98 f. Monografia (Graduando em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

PINTO, G. M. **Bioengenharia de solos na estabilização de taludes**: comparação com uma solução tradicional. 2009. 78f. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFGRS), Porto Alegre, 2009.

PRELA-PANTANO, A.; BARDIN-CAMPAROTTO, L.; MEIRELES, E. J. L. **Monitoramento agrometeorológico para regiões cafeeiras do estado de São Paulo**: janeiro/2010 – dezembro/2019. Campinas: Instituto Agronômico, 2021. (Série Tecnologia Apta. Boletim técnico IAC, 224). Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/media/publicacoes/iacbt224.pdf. Acesso em: 16 fev. 2024.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 10, p. 41-56, 1997.

SANTOS, C. A. M. **Cronogeomorfologia do relevo da cidade de Marília através do método de traços de fissão – MTF**. 2014. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/108680. Acesso em: 25 mar. 2025.

SCHMEIER, N. P. Bioengenharia de solos: uma alternativa à recuperação de áreas degradadas. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 5, n. 4, p. 127-130, 2013.

VALLE JUNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

WADT, P. G. S. *et al.* **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. il. (Documentos, 90).

ZANZARINI, R. M.; ROSOLEN, V. Mata ciliar e nascente no Cerrado brasileiro: análise e recuperação ambiental. *In:* Encuentro de Geógrafos de América Latina (EGAL). **Observatorio Geográfico de América Latina**, Montevidéu, Uruguai, 2009. Disponível em: http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Impactoambiental/72.pdf. Acesso em: 22 mar. 2021.

IMPLICAÇÕES DECORRENTES DA INTER-RELAÇÃO RELEVO, OCUPAÇÃO, IMPACTOS NO AMBIENTE E COMO RECUPERAR UMA ÁREA DEGRADADA POR EROSÃO LINEAR: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA AREIA, ITUIUTABA/MG

Leda Correia Pedro Miyazaki
Jonathan Fernando Costa Alves
Tatiane Dias Alves
Letícia Costa Paranaíba

Introdução

O ambiente, na perspectiva geográfica, compreende um conjunto integrado e dinâmico de elementos naturais, sociais e culturais, os quais constituem um determinado espaço geográfico. Pode-se dizer que o ambiente engloba não apenas os componentes físicos, como o clima, o solo, a vegetação, as rochas e o relevo, mas também as atividades humanas, as relações sociais, as práticas culturais e as instituições que o moldam e são influenciadas por ele.

Nessa perspectiva, os impactos encontrados no ambiente são resultados das inter-relações entre as dinâmicas da sociedade e da natureza. Esses impactos podem se manifestar positivamente, como a criação de ambientes urbanos ou rurais planejados que promovem a sustentabilidade, a qualidade do próprio ambiente como também de vida dos ocupantes, ou negativos, como a degradação ambiental causada pela exploração descontrolada de recursos naturais, poluição do ar e da água, perda de biodiversidade, degradação do solo.

Quando direcionamos a discussão para o ambiente rural, é essencial considerar as interações entre os sistemas naturais e sociais que caracterizam as áreas rurais. Nesse contexto, os impactos produzidos podem ser amplamente variados e ter repercussões significativas, tanto no ambiente quanto na vida das comunidades rurais.

No ambiente rural, as atividades agrícolas e pecuárias são frequentemente os principais impulsionadores de mudanças ambientais. O desmatamento para expansão agrícola, o uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes, o esgotamento dos recursos hídricos, a erosão dos solos devido a práticas inadequadas de cultivo são exemplos de impactos ambientais associados a atividade agrícola. Por outro lado, é importante reconhecer que as comunidades rurais também são afetadas por fatores externos, como políticas governamentais, mudanças nos mercados globais e eventos climáticos extremos, que podem influenciar significativamente suas práticas de uso da terra, padrões de ocupação, qualidade de vida, entre outros.

Com a finalidade de compreender melhor os efeitos e respostas do ambiente perante a forma como tem ocorrido a ocupação do relevo e o uso da terra nas áreas rurais, este capítulo tem como premissa contribuir para os estudos de erosão dos solos, com foco nas erosões lineares presentes em pequenas propriedades rurais, a fim de entender por que elas ocorrem e aplicar técnicas acessíveis para pequenos produtores rurais recuperarem áreas degradadas por erosão.

O papel da geomorfologia na recuperação de áreas degradadas

A Geomorfologia desempenha um papel fundamental nos estudos geográficos, facilitando a compreensão das características morfológicas presentes na superfície terrestre e investigando os processos associados aos agentes endógenos e exógenos, responsáveis pela configuração do relevo. Entretanto, a Geomorfologia transcende a mera descrição morfológica do relevo. Atualmente, incorpora uma abordagem histórica em sua análise, que inclui a consideração da dinâmica social, ou seja, o impacto da intervenção humana no equilíbrio dinâmico natural. Dessa forma, o pesquisador observa e analisa as formas de relevo tendo em conta o fator temporal histórico, isto é, a aceleração dos processos geomorfológicos que influenciam a esculturação das vertentes e podem resultar em impactos ambientais.

Os problemas ambientais estão intrinsecamente ligados a fatores políticos e econômicos, representando relações interpessoais que influenciam diretamente a utilização e ocupação do relevo (Casseti, 1991). Através dessas relações, ocorrem diversas manifestações de impacto ambiental, tais como processos erosivos, assoreamento do leito dos canais fluviais, como também o solapamento de suas margens.

Esse quadro se acentuou com a crescente urbanização, dentro do contexto das mudanças no ambiente decorrentes do modo de produção capitalista. As cidades se tornaram locais favoráveis para expansão das relações capitalistas, nesse contexto, o estudo do relevo assume uma abordagem na qual o foco está nas relações econômicas, políticas e sociais, entre outros aspectos.

Ao analisar o relevo em ambientes rurais, deparamo-nos com uma paisagem construída e marcada por dinâmicas que envolvem a sociedade e a natureza ao longo de um tempo histórico. Os processos naturais encontram-se cada vez mais acelerados devido à falta de um manejo adequado do solo, o que acarreta áreas degradadas em razão do ciclo de exploração predatório, que ocorre desde a retirada da cobertura vegetal original até as incursões de monoculturas degradadoras.

Nas áreas rurais, as vertentes são frequentemente vistas como um meio de acumulação de capital ou até mesmo como reservas de valor, não sendo consideradas as limitações impostas pela natureza a uma utilização racional (Casseti, 1991), o que tem resultado em uma degradação desse ambiente.

Nessa perspectiva, as investigações sobre morfogênese e morfodinâmica adquirem uma nova dinâmica em um contexto temporal em que os processos estão acelerados, resultando na formação de novas feições geomorfológicas, como os relevos e depósitos tecnogênicos. As áreas urbanas refletem esses fenômenos, tornando os estudos que abrangem o relevo e a cidade de suma importância.

Diante desse contexto, uma das unidades mais utilizadas nos estudos geográfico-geomorfológicos relacionando às áreas urbanas e rurais degradadas são as bacias hidrográficas, uma vez que permitem uma análise integrada da relação entre a sociedade e natureza, possibilitando compreender os efeitos e respostas do ambiente em face do processo de apropriação e ocupação pela sociedade.

Quando uma bacia hidrográfica é apropriada e ocupada, os seus processos físicos/naturais, que anteriormente estavam em um estado de biostasia (equilíbrio dinâmico), sofrem modificações, passando para uma condição de resistasia (desequilíbrio dinâmico) (Casseti, 1991). Essa mudança impacta diretamente a qualidade ambiental e, consequentemente, a qualidade de vida da população que reside naquele espaço geográfico.

Sendo a água considerada o principal agente modelador e modificador da paisagem, sua dinâmica ao longo da bacia hidrográfica assume diferentes estados e trajetórias durante seu ciclo hidrológico. A entrada da água nos sistemas terrestres ocorre pela forma de precipitação, desencadeando diferentes processos e direções que dependem não apenas das características da precipitação em si, mas também pelos atributos e condições por onde essa água irá circular (Botelho, 2011). Deste modo, em áreas não modificadas pela ação humana.

> [...] a precipitação que cai sobre as vertentes infiltra-se totalmente nos solos até haver saturação superficial destes, momento em que começam a decrescer as taxas de infiltração e a surgir crescentes escoamentos superficiais, se a precipitação persistir. [...] a água produzida pelas vertentes tem como destino imediato a rede de drenagem, que se encarrega de transportá-la à seção de saída da bacia (Silveira, 2001, p. 40).

Quando o relevo é ocupado, tanto de maneira desordenada quanto planejada, contribui para a instabilidade dos processos naturais, pois interfere no equilíbrio dinâmico, desencadeando diversas mudanças nas áreas urbanas e rurais, principalmente relacionadas aos processos que envolvem a infiltração de água no solo. A remoção da cobertura vegetal acaba intensificando esses processos, uma vez que ela desempenha um papel importante na proteção do solo. Deste modo, com a remoção da cobertura vegetal, o solo fica exposto à ação de agentes erosivos, principalmente a ação da água, sendo considerada um agente fundamental para a esculturação do relevo, pois promove a desagregação, o transporte e a deposição de sedimentos.

Por meio da identificação e compreensão da dinâmica natural das bacias hidrográficas, é possível analisar os processos de degradação que nela ocorrem e, assim, realizar estudos e propor medidas mitigadoras que visam ao equilíbrio entre o uso e ocupação do solo e as atividades socioeconômicas com a capacidade de suporte do ambiental. Ao compreender como o ambiente funciona e como as atividades humanas o impactam, pode-se conceber estratégias sustentáveis que equilibram as necessidades atuais com a preservação dos recursos para as gerações futuras.

Degradação ambiental nas áreas rurais

No que diz respeito à degradação em áreas rurais, a erosão de solo é um dos problemas ambientais de maior magnitude. De acordo com Bertolini e Lombardi Neto (1994), a erosão contribui para poluição, assoreamento de corpos hídricos e enchentes, além de desgaste do perfil do solo e arraste de quantidades razoáveis de sedimentos e insumos agrícolas, resultando em baixa produtividade e empobrecimento do meio rural.

A erosão dos solos é um fenômeno natural de esculturação do relevo que ocorre de forma lenta e gradual na escala de tempo geológico, sendo de grande importância na evolução das formas superficiais, mas acaba sendo acelerada devido à intervenção humana. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2017), a erosão é considerada o resultado da interação de forças ativas como a precipitação, a infiltração (capacidade do solo em absorver a água) e a topografia do terreno (declividade e comprimento da rampa), e de forças passivas, relacionadas à cobertura vegetal e à natureza do solo (resistência a abrasão da água). Sendo assim, os problemas relativos à perda de solo ultrapassam os níveis naturais quando geram assoreamento dos rios e remoção de nutrientes dos solos (Guerra; Jorge, 2013), geralmente devido à falta de práticas conservacionistas.

Nas áreas ocupadas por práticas agrícolas, o escoamento superficial tende a aumentar em locais onde ocorre a utilização de máquinas agrícolas que compactam o solo, reduzindo o número de vazios, o que deixa o solo mais denso, além de reduzir a matéria orgânica e os nutrientes. Essa redução acaba impactando tanto a fertilidade do solo quanto a resistência ao impacto das gotas de chuva, o que favorece o escoamento (Guerra; Cunha, 2018).

O processo erosivo tem início com o *splash*, também conhecido como erosão por salpicamento, que seria o processo de ruptura das partículas de solo por conta do impacto das gotas de chuva. Essas partículas desagregadas preenchem os poros da superfície do solo, o que diminui sua porosidade e, consequentemente, a infiltração da água nesse solo. A partir disso, há a formação das poças na superfície devido à saturação do solo pela água das chuvas, sendo o primeiro estágio do escoamento superficial (Guerra, 2015).

Quando o escoamento superficial atinge altas velocidades, é capaz de transportar sedimentos, formando a erosão laminar, que se caracteriza

pela perda de uma camada fina e relativamente uniforme do solo. Devido à velocidade da lâmina d'água e ao aumento da profundidade, o fluxo laminar pode iniciar a erosão em canais. Segundo Fushimi (2012), em áreas onde há vulnerabilidades geológicas e pedológicas ou alterações pelo uso intensivo do solo, o fluxo de água pode ser linear e concentrado, o que aumenta a velocidade dessa água e, consequentemente, a profundidade do canal. A partir disso, a concentração de sedimentos transportados atrita com o fundo dos canais de escoamento formados, dando origem aos sulcos.

Com o aprofundamento dos sulcos, em razão do aumento do volume das enxurradas, são formadas as ravinas. Para Oliveira (2015), as ravinas seriam canais criados pela ação do escoamento superficial, com profundidade menor que 50 centímetros, e as voçorocas, o aprofundamento das ravinas, chegando ao afloramento do lençol freático.

Devido à perda da capacidade de produtiva dos solos agricultáveis em razão dos processos erosivos, observam-se diferentes consequências ambientais e econômicas, tais como maiores gastos com fertilizantes; esgotamento de mananciais; assoreamento de cursos d'água; redução de capital dos agricultores; entre outros. Deste modo, devido ao desgaste e à perda de produtividade do solo, acaba-se gerando um círculo vicioso, em que a degradação se eleva em resposta à diminuição da produtividade. Em virtude disso,

> Quando a camada superficial é erodida, torna-se necessário, ao arar, penetrar mais na camada de subsolo que tem uma estrutura fraca, ficando mais difícil preparar a sementeira, dando, em consequência, uma germinação baixa e uma produção reduzida (Bertoni; Lombardi Neto, 2017, p. 69).

Conforme observado por Salomão (2015), a implementação de medidas eficazes de controle preventivo e corretivo da erosão está diretamente relacionada ao funcionamento da dinâmica hidrológica sobre o terreno, que deve considerar tanto a dinâmica de uso do solo, suas propriedades físicas e químicas, como também as condições climáticas.

Na geomorfologia a degradação está associada com os efeitos e respostas do ambiente em face das atividades humanas. Uma área é considerada degradada quando perde sua capacidade de se recuperar de forma natural (Martins, 2009), sendo necessárias intervenções para acelerar o processo de recuperação ambiental.

Técnicas de bioengenharia aplicadas à recuperação de áreas degradadas

Dentre as técnicas de recuperação de áreas degradadas fundamentadas nos princípios da bioengenharia, destacam-se algumas práticas e intervenções no ambiente degradado, como os barramentos e o plantio de espécies vegetais, que têm contribuído de forma efetiva para a estabilização de sedimentos e a prevenção do desenvolvimento de erosões nas áreas rurais. Dentre as técnicas utilizadas, os barramentos e o plantio de mudas se destacam nos estudos acadêmicos publicados em várias revistas científicas, e um amplo espectro de áreas do conhecimento (Geociências, Engenharias, Ciências Ambientais etc.) tem contribuído para essa recuperação.

A bioengenharia do solo, ou também conhecida como engenharia natural, é considerada como uma opção tecnológica sustentável para estabilizar sedimentos e consequentemente o avanço da erosão dos solos em suas diversas condições de declividade, granulometria e composição (Schmeier, 2013). Tem como filosofia a utilização de materiais vivos e inertes, sendo capazes de ser incorporados à paisagem ao longo do tempo, mantendo um sinergismo com elementos que fazem parte do local.

Em relação aos custos destinados à implantação de técnicas de bioengenharia dos solos, Gray e Sotir (1996) apontam que se trata de uma técnica que envolve baixo custo, por utilizar material natural encontrado em geral no próprio local degradado ou em áreas adjacentes, cujo resultado tem se apresentado, no geral, como bastante eficaz. Conforme Durlo, Bressan e Sutili (2005), as técnicas de bioengenharia podem trazer proveitos para a economia, a ecologia e os aspectos paisagísticos.

A aplicação de técnicas de bioengenharia, como a utilização de sistemas de enraizamento de plantas em estruturas de contenção, é fundamental para promover a recuperação de áreas degradadas, pois favorece a retenção de sedimentos e a reintrodução da vegetação nativa, contribuindo para a melhoria da biodiversidade e da qualidade ambiental (Dietz *et al.*, 2007).

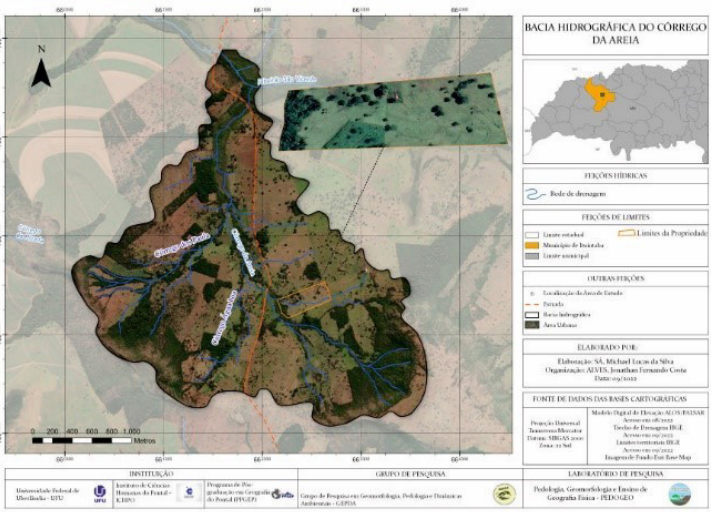
Em locais recuperados, o que se tem constatado é estabilização dos taludes, diminuição efetiva das erosões lineares e melhoria visual da área recuperada, pois a técnica permite o desenvolvimento da cobertura vegetal. É uma técnica mais viável devido ao baixo custo financeiro, quando comparada a outras técnicas que utilizam concreto, ferragens, entre outros materiais artificiais cujo investimento acaba sendo mais alto, principalmente para aqueles que detêm pouco capital.

A construção de barramentos e os materiais utilizados

Para demonstrar a eficácia da aplicação da técnica de bioengenharia dos solos, foi escolhida uma área-piloto que se encontra no município de Ituiutaba, localizado na porção oeste da mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, a cerca de 130 km de Uberlândia e 673 km da capital Belo Horizonte. O município está situado entre os paralelos 19º22' e 19º35' de latitude sul e os meridianos 49º10' e 49º52' a oeste de Greenwich, e conta 102,217 mil habitantes, com uma área de 2.598,046 km² e densidade demográfica de 39,34 hab/km².

A bacia hidrográfica do Córrego da Areia, cuja área-piloto está inserida na bacia hidrográfica do Rio Prata, localiza-se a cerca de 9 km ao sul da área urbana do município de Ituiutaba/MG (Figura 1). A principal via de acesso é a estrada municipal das 7 Placas.

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Córrego da Areia, Ituiutaba/MG



Fonte: J. F. C. Alves (2022)

A bacia é composta pelo Córrego da Areia, curso d'água principal (canal de segunda ordem) e dois afluentes, os Córregos Água Boa e dos Paula (canais de primeira ordem). Além disso, possui uma área total de 635 ha., cujo interior apresenta várias propriedades rurais pequenas, com o predomínio do trabalho familiar.

Com o objetivo de controlar a dinâmica erosiva para diminuir a velocidade do escoamento superficial e consequentemente promover a sedimentação dos materiais transportados, foram aplicados os princípios da bioengenharia dos solos que visam recuperar áreas degradadas por erosão linear. Assim, a técnica construiu-se na instalação de duas barreiras de contenção, ou seja, barramentos, utilizando-se como fundamentação o método de controle dos processos erosivos lineares da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2011) para solos arenosos em áreas rurais, no qual foram adaptados os materiais utilizados para tal construção.

As barreiras de contenção foram construídas dentro da erosão linear em forma de ravina, sendo a primeira localizada na cabeceira e a segunda no local onde a erosão se encontrava mais ampla. As barreiras foram estruturadas utilizando materiais disponíveis, de fácil acesso e baixo custo, tudo para viabilizar a implantação da estrutura (Figura 2).

Figura 2 – Sequência de construção das barreiras e cercamento da erosão com uso de mourões de madeira, tela de alambrado, pregos, fios de arama farpado, entre outros

A) Registro da erosão em forma de ravina. B) Perfuração do solo para instalação dos mourões de cercamento da área. C) Cerca para evitar a presença do gado na erosão. D) Perfuração do solo dentro da ravina para instalação da barreira de contenção. E) Barreira de mourões implantada na cabeceira da erosão. F) Barreira de mourões e tela de alambrado construída a jusante da cabeceira da ravina próximo ao Córrego da Areia.

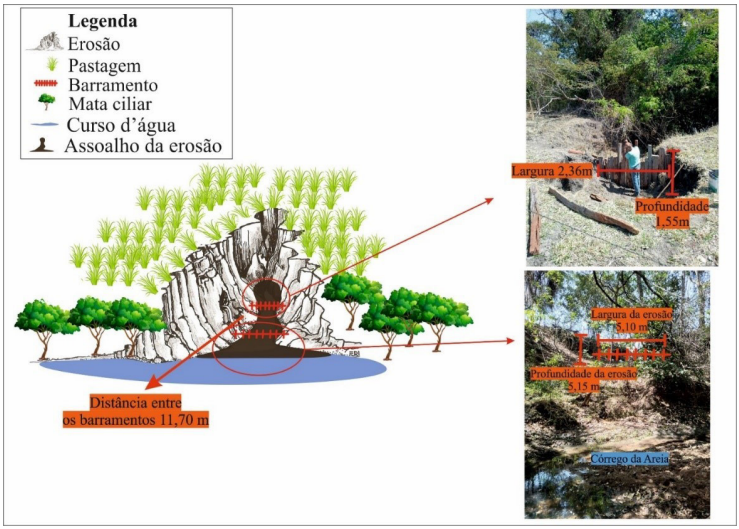
Fonte: J. F. C. Alves (2022). Organização dos autores (2024)

A intervenção na área iniciou-se no dia 16 de julho de 2020, em que foi construída uma cerca para que a área fosse totalmente isolada, não permitindo a entrada do gado na erosão. Foram utilizados 17 mourões com quatro fios de arame farpado, que foram implantados a uma profundidade média de 1,20 m, o que totalizou um perímetro de 51 metros de comprimento abrangendo a área do primeiro barramento junto a cabeceira da erosão, local que servia de acesso para o gado adentrar a ravina e chegar até o córrego para dessedentação. Todos os materiais utilizados foram doados pelo proprietário do sítio e vizinhos.

Os barramentos foram construídos logo após o cercamento da área. Exatamente no dia 23/08/2022, dois barramentos foram erguidos, utilizando-se diversos mourões; o material foi escolhido por apresentar uma maior resistente ao grande volume de água das chuvas que atinge a área, quando comparado ao bambu, material comumente utilizado para a construção de barramentos como nos trabalhos de Baldassarini e Nunes (2016); Guerra, Bezerra e Jorge (2023); e Nunes *et al.* (2023).

O primeiro barramento foi construído bem perto da cabeceira da ravina, e o segundo barramento foi construído mais a jusante do primeiro, ficando a 11,70 metros de distância entre as duas barreiras. A primeira barreira foi construída com 2,36 metros de largura no local onde foi registrada na erosão, a 1,55 metros de profundidade; a segunda barreira apresentou largura de 5,10 metros de largura, em uma profundidade de 5,15 metros (Figura 3).

Figura 3 – Aspectos quantitativos da ravina



Fonte: J. F. C. Alves (2023)

As barreiras foram construídas com o objetivo de diminuir a velocidade do escoamento pluvial concentrado e promover a estabilização dos sedimentos. Além dos barramentos de madeira, foram plantadas mudas de bambu no interior da ravina (Figura 4).

Figura 4 – Plantio de muda de bambu para conter a erosão entre a cabeceira da ravina e o primeiro barramento

A) Preparação do local onde foi plantada uma das mudas de bambu no interior da erosão. B) Destaque para a muda de bambu colocada no local que foi cavado. C) Finalização do plantio da muda.

Fonte: J. F. C. Alves (2022)

Após a construção dos barramentos, foram realizados trabalhos de campo visando monitorar a erosão e os barramentos. Isso para observar registros na paisagem que pudessem demonstrar se ocorrera o avanço ou não da ravina, se houvera a retenção de sedimentos e realizar manutenções nas estruturas.

O uso de dados de precipitação para fundamentar a análise da dinâmica dos sedimentos barrados

Com os barramentos instalados na erosão, foi realizado o monitoramento da precipitação, no qual se comparou o comportamento da chuva com a dinâmica dos sedimentos na ravina. Para se constatar a eficácia da técnica do barramento, foi monitorada mensalmente a acumulação de sedimentos nos barramentos com os dados pluviométricos.

Os meses de monitoramento e registro pluviométrico corresponderam ao período de agosto de 2022 a agosto de 2023, totalizando 12 meses, o que contemplou 1.587 mm, envolvendo tanto a estação mais chuvosa quanto a mais seca (Quadro 1).

Quadro 1 – Precipitação acumulada mensal e resultados das medições dos sedimentos retidos nos barramentos, de agosto de 2022 a agosto de 2023: Aspectos quantitativos da ravina

		MESES DE MENSURAÇÃO												
		2022					**2023**							
		Ago.	**Set.**	**Out.**	**Nov.**	**Dez.**	**Jan.**	**Fev.**	**Mar.**	**Abr.**	**Maio**	**Jun.**	**Jul.**	**Ago.**
		Precipitação acumulada (mm) Pluviômetro da propriedade rural												
		0	100	82	170	204	467	194	230	93	42	0	5	10
		Sedimentos acumulados nos barramentos (cm)												
Barramentos	**1**	0	0	0,5	1	3	6	9	12,5	1	0	0	0	0
	2	0	0	1	1,5	5	8	15,5	18	2	1	0	0	0

Fonte: Produtor rural (2022, 2023). Organização dos autores (2024)

Pode-se observar que, nos meses iniciais de monitoramento dos sedimentos retidos nos barramentos, não foi constatada acumulação, pois a marcação nos mourões que havia sido realizada para fixar o nível do assoalho da erosão não se alterou. Isso porque os barramentos foram construídos no período da seca, e no mês de agosto de 2022 o pluviômetro da propriedade não registrou precipitação.

No mês seguinte, setembro de 2022, foi registrada uma precipitação de 100 milímetros na área da bacia, no entanto não ocorreu mudança em relação à acumulação de sedimentos nos barramentos. Acredita-se que isso ocorreu em razão de o solo estar bastante seco e as primeiras chuvas terem sido absorvidas pelo solo.

A pluviometria do mês seguinte, outubro, foi um pouco menor. De acordo com os dados obtidos com o pluviômetro do proprietário rural, foram registrados 82 mm de chuva. Nesse período, foi registrado o primeiro acúmulo de sedimento, totalizando 0,5 cm de deposição no primeiro barramento; e no segundo, 1 cm (Figura 5).

Figura 5 – Barramento e assoalho da feição erosiva após as primeiras chuvas de setembro de 2022

Fonte: J. F. C. Alves (2022)

Em novembro o pluviômetro reteve o volume de 170 mm de precipitação, o que resultou em uma deposição de 1 cm no primeiro barramento e 1,5 cm no segundo barramento (Figura 6).

Figura 6 – Retenção de sedimentos na barreira a jusante em novembro de 2022

Fonte: J. F. C. Alves (2022)

Ainda no mês de novembro, foi necessário realizar manutenção nos barramentos e na cerca ao redor da ravina, pois o gado conseguiu adentrar a área e danificar parte da estrutura. No barramento a jusante, foram inseridos mais mourões em detrimento da construção inicial em agosto de 2022, visando reter uma maior quantidade de sedimentos transportados pelas águas da chuva.

Em dezembro de 2022, a precipitação registrada foi de 204 mm. No primeiro barramento, foram anotados 3 cm de deposição; e no segundo, 5 cm. Em dezembro, foi possível observar o momento em que ocorreu uma chuva e, consequentemente, a dinâmica da água pluvial ao ser barrada pela estrutura de contenção da erosão. O fluxo, após passar pela barreira, apresentou uma diminuição na velocidade do escoamento superficial, permitindo a sedimentação do material transportado pela água da chuva a montante da barreira.

Neste período, a quantidade de sedimentos e matéria orgânica retidos pelas barreiras aumentou consideravelmente, devido ao aumento do nível de saturação do solo pela água. Parte da matéria orgânica retida pelo barramento 2, principalmente as folhas, potencializou a captura de sedimentos pela estrutura. Isso ocorreu por estar localizado numa área com a presença de árvores de médio e grande porte, com constante deposição de folhas na superfície do solo e, consequentemente, houve transporte delas pelo escoamento superficial concentrado e retenção no barramento.

Os dados obtidos com o pluviômetro do produtor rural em janeiro de 2023 totalizaram 466,8 mm de chuva. Isso derivou em um acúmulo de sedimento de 6 cm no primeiro barramento e 8 cm no segundo.

No dia 5 de janeiro de 2023, foi possível realizar um trabalho de campo no local da feição erosiva enquanto chovia (Figura 7), essa ação permitiu analisar o comportamento da água proveniente do escoamento superficial na área.

Figura 7 – Dinâmica de escoamento superficial concentrado registrado em janeiro de 2023

Fonte: J. F. C. Alves (2023)

Constatou-se que a coloração da água que passava pelos barramentos não estava escura (com sedimentos em suspensão), demonstrando uma baixa turbidez e pouca presença de sedimentos sendo transportados. Isto pode indicar que a pastagem próxima ao barramento 1 e o material orgânico retido pelo barramento 2 estejam retendo as partículas de sedimentos dessa água.

Outro aspecto que foi observado no mês de janeiro se refere ao registro realizado no dia 19, pois um terraço construído em curva de nível, localizado poucos metros a jusante da ravina, demonstrou que a saturação do solo estava alta, pois ainda havia grande quantidade de água represada pelo terraço, além de evitar a formação de escoamento concentrado que antes atingia a ravina (Figura 8).

Figura 8 – Registro de água retida pelo terraço em curva de nível em janeiro de 2023

Fonte: J. F. C. Alves (2023)

No mês de fevereiro de 2023, foram registrados 194 mm. Neste mês, ficou nítido o avanço da retenção de sedimentos nos barramentos, registrando 9 cm no primeiro e 15,5 cm no segundo.

No mês de março, característico por ser o último mês chuvoso na região, o pluviômetro registrou o total de 230 mm de precipitação. Os sedimentos retidos no barramento 1 foram de 12,5 cm e no barramento 2 foram de 18 cm.

Em abril, inicia-se o período de estiagem na região, diminuindo assim a precipitação. Foram registrados pelo pluviômetro 93 mm, diminuindo consequentemente os sedimentos acumulados, sendo anotados 1 cm de deposição no primeiro barramento e 2 cm no segundo.

O mês de maio foi bastante seco. Segundo os dados obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET), o volume total de precipitação no mês foi obtido o valor de 42 mm, não sendo registrada nenhuma acumulação no primeiro barramento, e no segundo apenas 1 cm.

Até o mês de maio, a quantidade de sedimentos retidos pelos barramentos foi de 33 cm no barramento 1, e 52 cm no barramento 2. A mensuração foi feita medindo a distância entre a ponta das estacas e o material em sua base.

Em junho, julho e agosto, o pluviômetro não registrou nenhuma precipitação, portanto não houve mudanças significativas. Neste período

não ocorreu deposição que pudesse ser mensurada. Em agosto, completou-se um ano de instalação dos barramentos, e neste mês o pluviômetro instalado na propriedade acumulou o total de 10 mm de precipitação, mas sem acúmulo de sedimento (Figura 9).

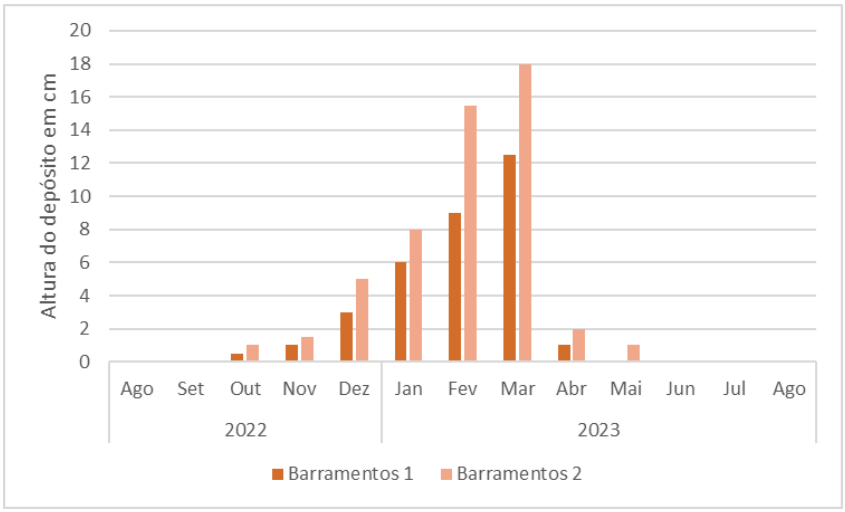
Figura 9 – Feição erosiva e cobertura vegetal após um ano de monitoramento

Fonte: J. F. C. Alves (2023)

O Gráfico 1 demonstra o comportamento de acúmulo de sedimentos em ambos os barramentos. Foram registrados os maiores acúmulos de sedimentos nos barramentos, sendo em fevereiro a retenção de 9 cm na barreira 1 e 15,5cm na barreira 2. No mês seguinte, março, o primeiro barramento registrou 12,5 cm e o segundo barramento acumulou 18 cm.

O gráfico evidencia que a segunda barreira reteve uma quantidade superior de sedimentos em comparação com a primeira. Tal fenômeno pode ser atribuído à exposição do solo no assoalho da feição erosiva, área que se mostra particularmente suscetível à erosão linear devido à ausência de cobertura vegetal. Dessa forma, à medida que o escoamento superficial gerado pelas águas pluviais percorre a feição erosiva, os sedimentos vão sendo transportados e retidos pela segunda barreira.

Gráfico 1 – Sedimentos acumulados nos barramentos em cm, em um ano de monitoramento



Fonte: J. F. C. Alves (2023)

Outro aspecto que pode justificar a maior efetividade da segunda barreira é a intensidade do escoamento superficial. Ao atingir a primeira barreira, esse fluxo apresenta uma maior velocidade devido à concentração da água ocasionada pela estreiteza do canal nesse ponto específico. Essa condição propicia o arraste dos sedimentos pela água, que acabam passando pelas aberturas entre os mourões da primeira barreira. Por outro lado, a segunda barreira, posicionada mais a jusante, encontra-se em uma área onde a feição erosiva possui uma largura maior, o que resulta em uma distribuição mais uniforme do fluxo de água em seu interior.

Com os dados coletados durante o monitoramento das barreiras, em um período de um ano, foi possível constatar a eficiência das barreiras, pois a deposição foi mensurada chegando a acumular 33 cm de sedimento no primeiro barramento e 52 cm de sedimentos no segundo barramento. As estruturas impediram que os sedimentos chegassem ao Córrego da Areia, evitando o assoreamento do leito do canal fluvial, mitigando o impacto ambiental que o córrego vem sofrendo ao longo das últimas décadas.

Com a diminuição do escoamento superficial concentrado que atingia a erosão associada ao cercamento da área, constatou-se (qualitativamente) o crescimento de gramíneas, tanto ao redor da erosão quanto dentro dela (Figura 10).

Figura 10 – Presença de vegetação ao redor da erosão e dentro dela, julho de 2023

Fonte: J. F. C. Alves (2023)

A deposição de sedimentos e restos de materiais orgânicos acumulados a montante dos barramentos é indício da estabilização do entalhamento da erosão linear, o que tem contribuído para a recuperação dessa área degradada.

Considerações finais

A compreensão da complexidade dos processos erosivos e a busca por técnicas de contenção e recuperação de áreas degradadas são de grande importância, uma vez que a degradação do solo pode gerar problemas significativos. A erosão hídrica, por exemplo, é um dos principais problemas enfrentados pela agricultura brasileira, comprometendo tanto os recursos naturais quanto a produção econômica. Além disso, a erosão pode levar a outros problemas, como a baixa produtividade agrícola, a perda de solo agricultável, o assoreamento de cursos d'água etc.

É importante ressaltar que a erosão não pode ser explicada por si só, mas é resultado de relações que incorporam tanto condicionantes naturais quanto as formas de intervenção da sociedade.

A técnica utilizada é de baixo custo, pois os materiais podem ser adquiridos na própria propriedade rural e em áreas adjacentes, com possibilidade de reaproveitamento de materiais já existentes no local. Isso a torna acessível aos pequenos produtores rurais, permitindo a aplicação

da mesma técnica em uma grande e uma pequena propriedade rural e, consequentemente, a comparação dos resultados obtidos.

Como resultado qualitativo, foi constatado o desenvolvimento de gramíneas no entorno e dentro das barreiras, a retenção de água a montante da erosão, que, por meio de um terraço construído em curva de nível, barrara o escoamento superficial concentrado e retivera grande parte das águas pluviais que atingiam a ravina no local. Isso permitiu uma maior infiltração seguida de percolação, contribuindo assim para uma maior infiltração de água no solo e o abastecimento do aquífero freático. O plantio de mudas de bambu dentro da cabeceira da erosão, bem como o início do crescimento dessas mudas, futuramente formará uma barreira natural, estabilizando ainda mais a erosão.

O resultado quantitativo demonstrou a eficácia da técnica retendo os sedimentos nos barramentos e evitando assim o assoreamento de parte do córrego da Areia.

Esta forma de intervenção se mostrou eficiente no controle de processos erosivos, impedindo sua intensificação, bem como favorecendo a recuperação de áreas degradadas que podem novamente ser incorporadas no cotidiano de proprietários rurais que sofrem com esse problema em suas propriedades.

Referências

BALDASSARINI, J. S.; NUNES, J. O. R. Recuperação de áreas degradadas por erosão hídrica em propriedades rurais nos municípios de Getulina e Vera Cruz-SP. **Revista Geografia**, Rio Claro, v. 41, n. 3, p. 47-465, 2016. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/12645/8398. Acesso em: ago. 2023.

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. Embasamento técnico do programa estadual de microbacias hidrográficas. *In*: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. (coord.) **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. 2. ed. Campinas: Cati, 1994. p. 1-128.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 10. ed. São Paulo: Ícone Editora, 2017.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. *In*: GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 71-116.

CASSETI, V. **Ambiente e Apropriação do Relevo**. São Paulo: Editora Contexto, 1991.

DIETZ, M. E. *et al.* Bioengineering for streambank erosion control: principles and practices. **North American Journal of Fisheries Management**, [*S. l.*], v. 27, n. 2, p. 391-402, 2007.

DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia**: manejo biotécnico de cursos de água. Porto Alegre: EST Edições, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Forma de controle da erosão linear**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna: Embrapa, 2011. Disponível em: Acesso em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/915009/controle-dos-processos-erosivos-lineares-ravinas-e-vocorocas--em-areas-de-solos-arenosos. Acesso em: jan. 2024.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

GRAY, D. H.; SOTIR, R. B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization**: a practical guide for erosion control. New York: Wiley, 1996.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 17-55.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. C. O. Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo: estudo de caso da voçoroca do Sacavém – São Luís – MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [*S. l.*], v. 24, n. especial, p. 2-20, 2023. Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2306/386386804. Acesso em: nov. 2023.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 14. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2009.

NUNES, J. O. R. *et al.* Estabilização de erosão hídrica em Antropossolos com técnicas de bioengenharia na área de proteção ambiental de uso sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [*S. l.*], v. 24, n. 00; e2325, 2023. DOI 10.20502/rbg.v24i00.2325. Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/issue/view/71. Acesso em: jan. 2024.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por Voçorocas. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 57-99.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e preservação dos processos erosivos. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 229-265.

SCHMEIER, N. P. Bioengenharia de solos: uma alternativa à recuperação de áreas degradadas. **Revista Destaques Acadêmicos [de] Cetec/Univates**, [*S. l.*], v. 5, n. 4, p. 127-130, 2013. Disponível em: https://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/332/327. Acesso em: mar. 2024.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. *In*: TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS; ABRH, 2001. p. 35-51.

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO EM UM PROCESSO EROSIVO LINEAR, NO MUNICÍPIO DE CAIABU/SP

Marcos Vinícius de Souza
João Victor Arias
João Osvaldo Rodrigues Nunes

Introdução

A relação entre a sociedade e a natureza está inteiramente ligada com as transformações que a sociedade provoca na produção do espaço geográfico. Muitas vezes, essas transformações geram impactos negativos no meio ambiente decorrentes das práticas econômicas predatórias. Em estudos da natureza que trabalham com a natureza original, deve-se tratar como natureza de segunda ordem ou natureza transfigurada, pois ela foi moldada através das alterações feitas pela sociedade em suas construções culturais (Suertegaray, 2017).

Em estudos da natureza em que se pretende trabalhar com a natureza original, deve-se trabalhar com o conceito de natureza de segunda ordem ou natureza transfigurada, pois ela foi moldada através das alterações feitas pela sociedade em suas construções culturais (Suertegaray, 2017).

É possível compreender uma história da natureza e uma da sociedade, mas deve-se considerar que a formação da sociedade acontece pela socialização da natureza e, neste sentido, cabe à Geografia interpretar a contradição natureza versus sociedade (Suertegaray, 2018). O ideal para interpretação dessa ciência é tratá-la através de

> [...] uma visão plena dos processos de produção da natureza, onde natureza e sociedade sejam integradas, independente da verticalização do tema, ou do recorte espacial, a serem adotados nos estudos geográficos (Nunes *et al.*, 2006, p. 125).

A dialética da relação sociedade-natureza deve partir da concepção holística, sendo de interesse, em estudos Geográfico, compreender

> [...] como cada sociedade humana estrutura e organiza o espaço físico-territorial em face das imposições do meio

> natural, de um lado, e da capacidade técnica, do poder econômico e dos valores socioculturais, de outro (Ross, 1996, p. 16).

O Oeste Paulista, não se ausentando das dinâmicas de transformação do espaço geográfico ao longo da história, demostra aspectos marcantes da relação sociedade e natureza em que deixa explícita a susceptibilidade ambiental aos processos erosivos.

O solo é um recurso natural e essencial para a vida humana na Terra, sendo uma camada viva e fundamental paras as atividades humanas. Entretanto, a "perda total do solo constitui um altíssimo índice de degradação da superfície da terra, impedindo a realização de importantes atividades humanas, como o uso agrícola" (São Paulo, 1989, p. 21).

A ocupação do Oeste Paulista iniciou-se em meados do século XIX, mas foi só a partir do século XX, através da expansão da atividade cafeeira e do estabelecimento das estradas de ferro, que houve o alargamento das fronteiras agrícolas e com isso a transformação da paisagem original desse território (Fujihara, 2002). Essas ocupações resultaram em alterações nítidas no meio ambiente, na medida em que houve a substituição das coberturas vegetais nativas pela cultura do café (Fujihara, 2002), em que foram requeridos intensos processos de revolvimento dos horizontes de solo, levando à redução do conteúdo de matéria orgânica que era mantido pela relação entre a floresta, os solos e os organismos vivos.

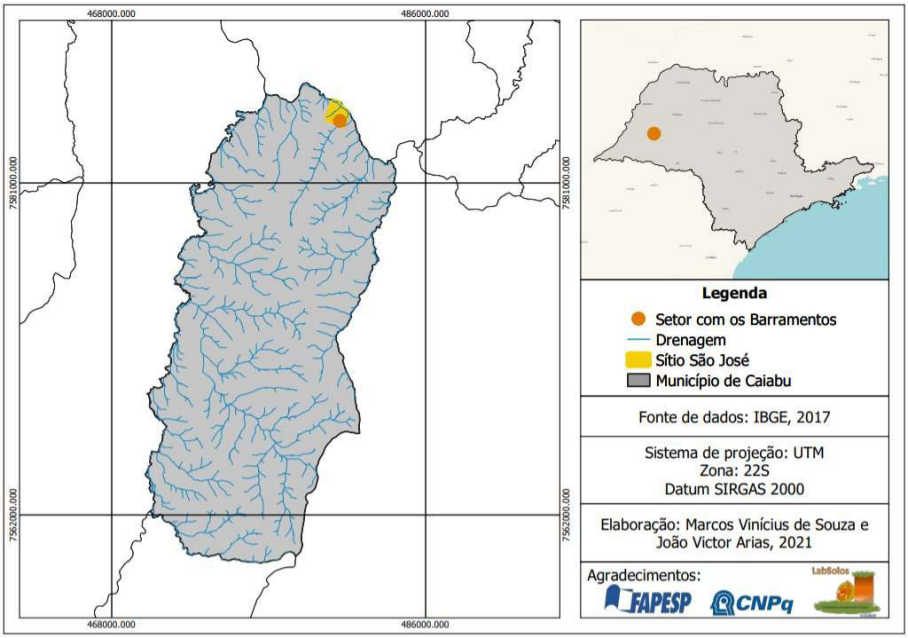
Depois disso, o decorrente avanço da pecuária, em meados da década de 1970, que se deu em âmbito nacional (Barcellos *et al*., 2008), estimulou os produtores rurais da região a substituírem áreas agrícolas por pastagens. Porém, tanto a cultura do café como a de criação de gado se ativeram apenas nas questões econômicas, deixando de lado a ideia de técnicas conservacionistas que amenizassem o impacto ambiental causado pela intervenção humana no solo.

Os processos erosivos instalados na região do Oeste Paulista não são apenas fenômenos físicos, mas também envolvem questões sociais e econômicas, como já apontado anteriormente.

Nesse sentido, este trabalho tem por finalidade entender as características físicas do solo de um processo erosivo hídrico linear, realizando leituras diagnósticas de três perfis pedogenéticos. O primeiro perfil localizou-se na cabeceira da ravina; o segundo foi realizado na porção média da ravina; e o terceiro, em cotas mais baixas, já nas proximidades da porção

final da ravina, mantendo uma análise diagnóstica em topo sequência. A área de estudo localiza-se a oeste do estado de São Paulo, no sítio São José, Caiabu/SP (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: IBGE (2017); Souza e Arias (2021)

Metodologia

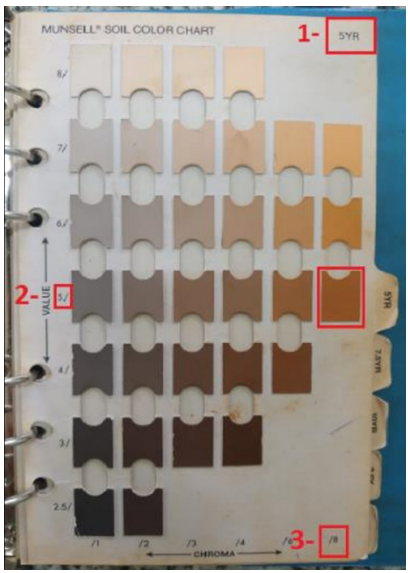
Em campo foi realizado a coleta das amostras de solo e sua descrição quanto a "cor", "textura", "estrutura", "porosidade", "cerosidade", "consistência" e "coesão", de acordo com o *Manual de descrição e coleta de solo no campo* de Santos *et al*., do ano de 2005.

A propriedade "cor" é considerada indispensável na análise morfológica de um perfil de solo, pois, mesmo não tendo influência direta sobre o desenvolvimento das plantas, a cor auxilia na interpretação da pedogênese e contribui para a classificação do solo, de acordo com critérios estabelecidos no Manual de classificação de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do ano de 2005 (Santos *et al*., 2005).

Para a caracterização da cor, são utilizados os critérios estabelecidos na Carta de Cores Munsell para Solos, ou mais conhecida como tabela Munsell, sendo o primeiro sistema aceito para a identificação de todas as cores visíveis a olho humano. Desenvolvida pelo professor Anbert H. Munsell, em 1905, a Carta de Cores Munsell apresenta o grau de intensidade em três componentes diferentes, sendo eles: matiz (*hue*), valor (*value*) e croma (*chroma*) (Kiehl, 1979; Santos *et al.*, 2005).

A utilização da tabela Munsell permite uma identificação precisa das cores do solo, com o matiz variando de 0 a 10 acompanhado de letras. O valor é considerado o segundo elemento a ser analisado da cor, representando a tonalidade e indicando a proporção de branco e de preto combinados com determinado matiz (Santos *et al.*, 2005). O valor varia de branco absoluto até preto absoluto, sendo respectivamente de 0 a 10, porém, para solos, constam valores de 2 a 8 que estão presentes na escala vertical; encontra-se na Figura 2 como número 2. Por fim, o croma relaciona a pureza relativa ou a saturação da cor, podendo variar de 0 para cores neutras e acinzentadas e aumentando gradativamente até 10, mas, na Carta de Cores Munsell para Solos, são apresentadas apenas as combinações de 1 a 8, encontradas na escala em sentido horizontal, identificado na Figura 2 como número 3.

Figura 2 – Exemplo de uma esquematização da Carta de Cores Munsell para Solos



Fonte: Souza e Arias (2019)

A análise textural do solo é um elemento fundamental no estudo de solos erodidos pela água, pois o tamanho e a distribuição das partículas do solo afetam sua reação à precipitação e influenciam tanto a desagregação das partículas quanto sua capacidade de retenção hídrica. Os horizontes superficiais tendem a ser mais arenosos devido ao transporte de partículas finas para camadas mais profundas ou à sua perda via escoamento superficial. Isso torna os solos arenosos mais susceptíveis à erosão hídrica devido à dificuldade de formação de agregados e à sua textura mais frouxa, apesar de sua boa drenagem reduzir a saturação e o escoamento superficial.

Por outro lado, os solos argilosos são mais resistentes à erosão em razão de sua capacidade de formar agregados e reter matéria orgânica, o que contribui para a estruturação do solo. Entretanto, a presença de argila nos horizontes inferiores com camadas superiores arenosas pode levar a um aumento do escoamento subsuperficial, facilitando a erosão. A textura do solo também afeta a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), uma vez que solos arenosos tendem a apresentar baixa CTC. Por outro lado, os solos argilosos apresentam uma CTC mais elevada, bem como maior retenção de umidade, porém uma infiltração mais dificultada. Já a aeração e a drenagem em solos arenosos são mais eficientes em solos arenosos, enquanto os solos argilosos, dependendo da preservação, podem conter mais matéria orgânica.

A estrutura é uma propriedade que pode ser alterada por diversos fatores, como estação do ano, grau de umidade do solo, sistema radicular que envolve as partículas primárias, manutenção do teor da matéria orgânica e especialmente o manejo adotado para os diferentes usos da terra. De modo geral, a estrutura é "padrão de arranjamento das partículas primárias do solo em unidades estruturais compostas, chamadas agregados, separadas entre si pelas superfícies de fraqueza" (Santos *et al.*, 2005, p. 17).

Em campo, a estrutura é avaliada pela forma, pelo tamanho e pelo grau de desenvolvimento dos agregados. A forma é subdividida em estruturas do tipo laminar; prismático: prismático e colunar; em blocos ou cúbicos: blocos angulares e subangulares; e granular ou esferoidal: granular e grumosa.

O tamanho é a segunda propriedade a se analisar. Este fator pode ser influenciado por fatores adversos, como, por exemplo, o impacto da

gota de água da chuva sobre o solo, ou também pelas enxurradas que acabam carregando estruturas superficiais decorrentes do processo de rolamento, que irá diminuir as suas arestas e o seu tamanho. Classificam-se, em análise de campo, os tamanhos das partículas de solo como: muito pequeno, pequeno, médio, grande e muito grande.

O grau de desenvolvimento é a terceira e última característica desta análise; este, por sua vez, está ligado ao nível de coesão dos agregados dentre e entre si (Freire, 2006). Para esta análise, seguem-se os seguintes critérios: sem unidades estruturais ou *peds*, grãos simples (não coerente), maciço (não coerente), com unidade estruturais ou *peds*, fraca (unidades estruturais pouco frequentes em relação a terra solta), moderada (unidades estruturais bem definidas e há pouca terra solta), forte (unidades estruturais são separadas com facilidade e quase não se observam partículas soltas).

A porosidade do solo está relacionada à interação entre sua textura e sua estrutura, desempenhando um papel fundamental na compreensão da erosão hídrica ao determinar a capacidade de infiltração da água antes do início do escoamento superficial. Essa propriedade não só reflete o potencial de retenção de água do solo, mas também oferece informações sobre sua compactação e a resistência das partículas primárias em face do impacto das gotas de água da chuva, sendo estes aspectos essenciais para avaliar a susceptibilidade do solo à erosão hídrica.

A cerosidade do solo indica o brilho característico de certas classes de argila presentes em um perfil de solo, fornecendo dados valiosos sobre a concentração dessas partículas e seu comportamento sob diferentes níveis de umidade. Essa propriedade é particularmente útil para relacionar a presença ou não de argila.

A textura e o teor de matéria orgânica são propriedades fundamentais que influenciam a consistência do solo, com o grau de umidade, o conteúdo de material coloidal e o tipo de cátions absorvidos, conforme Santos *et al.* (2005). Em campo, a consistência do solo é avaliada em três estados distintos (seco, úmido e molhado). No estado seco, a consistência é determinada pela dureza ou tenacidade do solo, examinando-se a resistência de um torrão de solo seco de aproximadamente 3 cm ao ser comprimido entre o polegar e o indicador. Já no estado úmido a consistência é indicada pela friabilidade do torrão, que também é submetido a compressão para avaliar sua coesão Quadro 1.

A amostra quando molhada poderá indicar características de plasticidade e pegajosidade. A plasticidade é a propriedade que o material do solo apresenta de ser moldado ao receber uma tensão (Campos *et al.,* 1999). Já a pegajosidade, segundo Santos *et al.* (2005, p. 32), é a "propriedade que pode apresentar a massa do solo de aderir a outros objetos". A amostra de solo umedecida deve ser modelada nas formas de cilindro para plástica e deve-se testar a aderência do material entre os dedos para a análise da pegajosidade. Para a consistência do solo molhado, considerando sua plasticidade e pegajosidade, seguem-se os parâmetros dos Quadros 2 e 3.

Quadro 1 – Descrição da consistência do solo quando seco

CONSISTÊNCIA DO SOLO QUANDO SECO	
Consistência	**Caracterização**
Solta	Não coerente entre o polegar e o indicador.
Macia	A massa do solo é fracamente coerente e frágil; quebra-se em material pulverizado ou grãos individuais sob pressão muito leve.
Ligeiramente dura	Fracamente resistente à pressão; facilmente quebrável entre o polegar e o indicador.
Dura	Moderadamente resistente à pressão, pode ser quebradonas mãos, sem dificuldade, mas é dificilmente quebrável entre o indicador e o polegar.
Muito dura	Muito resistente à pressão. Somente com dificuldade pode ser quebrado nas mãos. Não quebrável entre o indicador e o polegar.
Extremamente dura	Extremamente resistente à pressão. Não pode ser quebrado com as mãos.

Fonte: Souza e Arias (2020)

A coesão é uma característica importante do solo que se refere à sua resistência contra a aplicação de forças externas, essencial para compreender a integridade estrutural do solo. Santos *et al.* (2005) classificam a coesão do solo em dois níveis: moderadamente coeso e fortemente coeso. Um solo moderadamente coeso é aquele que, estando seco, oferece resistência à penetração do martelo pedológico ou do trado, não apresentando uma organização estrutural visível. Geralmente seco, apresenta consistência

muito dura e às vezes extremamente dura; e, quando úmido, a consistência varia de friável a firme.

Quadro 2 – Descrição da consistência do solo quando úmido

CONSISTÊNCIA DO SOLO QUANDO ÚMIDO	
Solta	Não coerente.
Muito friável	O material do solo esboroa-se com pressão muito leve, mas agrega-se por compressão posterior.
Friável	O material do solo esboroa-se facilmente sob pressão fraca e moderada entre o polegar e o indicador e agrega-se por compressão posterior.
Firme	O material do solo esboroa-se sob pressão moderada entre o indicador e o polegar, mas apresenta resistência distintamente perceptível.
Muito firme	O material do solo esboroa-se sob forte pressão; dificilmente esmagável entre o indicador e o polegar.
Extremamente firme	O material do solo somente se esboroa sob pressão muito forte, não pode ser esmagado entre o indicador e o polegar e deve ser fragmentado pedaço por pedaço.

Fonte: Souza e Arias (2020)

Quadro 3 – Descrição da consistência do solo quando molhado

CONSISTÊNCIA DO SOLO QUANDO MOLHADO			
Plasticidade	É a propriedade que, ao apresentar o material do solo, muda continuamente de forma, através da ação da força imprimida, quando cessa a ação da força.	**Não plástica**	Quando muito, forma-se um fio, que é facilmente deformado.
		Ligeiramente plástica	Forma-se um fio, que é facilmente deformado.
		Plástica	Forma-se um fio, sendo necessária pressão moderada para sua deformação.
		Muito plástica	Forma-se um fio, sendo necessária muita pressão para deformá-lo.

CONSISTÊNCIA DO SOLO QUANDO MOLHADO			
Pegajosidade	É a propriedade que pode apresentar a massa do solo de aderir a outros objetos	**Não pegajosa**	após cessar a pressão, não se verifica, praticamente, nenhuma aderência da massa ao polegar e indicador.
		Não pegajosa	Após cessar a pressão, não se verifica, praticamente, nenhuma aderência da massa ao polegar e indicador.
		Pegajosa	Após cessar a compressão, o material adere a ambos os dedos; e, quando estes são afastados, tende a alongar-se um pouco e romper-se, em vez de desprender-se de qualquer um dos dedos.
		Muito pegajosa	Após a compressão, o material adere fortemente a ambos os dedos e alonga-se perceptivelmente quando eles são afastados.

Fonte: Souza e Arias (2020)

A análise textural realizada em laboratório e a densidade das amostras de solo e da densidade utilizou-se das técnicas descritas no *Manual de métodos de análise de solo* da Embrapa (1997), com atualizações feitas por Teixeira *et al.* (2017). O processo analítico iniciou-se com a preparação das amostras, que envolveu etapas de secagem para remover a umidade, destorroamento para quebrar os agregados maiores, e peneiramento para separar e uniformizar o tamanho das partículas. Após essa preparação inicial, procedeu-se às análises granulométricas para classificar a textura do solo.

Separaram-se as amostras de acordo com a identificação realizada em campo, seguindo a sequência da numeração de 1 até 13, que foi o total de amostras coletadas (Figura 3).

Figura 3 – Separação das amostras em laboratório

Fonte: Souza e Arias (2019)

Para a secagem das amostras de solo, utilizou-se da técnica de secagem ao ar em ambiente sombreado. As amostras foram dispostas em recipientes plásticos devidamente etiquetados. O processo levou cerca de seis dias, período durante o qual foram realizados testes individuais em cada amostra para monitorar o teor de umidade. Após a secagem, realizou-se o destorroamento das amostras, que foi feito manualmente, recorrendo-se ao martelo de borracha apenas para aqueles torrões de maior dureza.

O passo final envolveu o peneiramento das amostras através de uma peneira de 2 mm para separar a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), que foi então encaminhada para análises granulométricas. Não foram necessárias peneiras de maiores aberturas, como as de 4 e 8 mm, uma vez que não houve presença de partículas mais grosseiras, como cascalhos (Figura 4).

Figura 4 – Amostra 1 seca, peneirada e destorroada

Fonte: Souza e Arias (2019)

A análise granulométrica tem o objetivo de quantificar a distribuição de partículas individualizadas dos minerais do solo. Esse procedimento visa à ruptura dos agregados de solo e à separação dessas partículas através da energia mecânica e química que apresentará a formação de uma suspensão estabilizada e a quantificação após a separação das frações (Viana *et al.*, 2011). Nesse procedimento, utilizaram-se os seguintes materiais: béquer de 50 ml, placas de vidro, proveta 1 L, peneira com malha de 2,0 e 0,053 mm, funil, suporte para funil, bastão para agitação com uma tampa de borracha contendo vários furos, e de diâmetro um pouco menor do que o cilindro ou proveta, termômetro, cronometro, pipeta graduada de 25 ml, agitador rotativo (mesa agitadora), balança de precisão, e estufa com circulação forçada. Ressalta-se que foram realizadas três repetições para cada amostra, a fim de garantir o controle dos procedimentos

As amostras foram pesadas (10 gramas de TFSA) e transferidas para um Erlenmeyer de 200 ml. Foram acrescentados 20 ml de água deionizada e 10 ml do reagente de hidróxido de sódio, e foram levados os Erlenmeyers para a mesa agitadora por 6 horas a 50 rpm.

No processo de separação da areia, utilizou-se um sistema de peneiras de 0,053 mm acopladas a um funil sobre uma proveta. O conteúdo

que estava em uma garrafa foi esvaziado sobre a peneira e lavado com água deionizada sobre uma pressão frequente e uniforme até o volume da proveta atingir 1.000 ml. O objetivo deste procedimento é permitir que as partículas que apresentaram diâmetros menores que 0,053 mm passem pela peneira, já as partículas de areia ficam retidas.

As frações retidas na peneira foram depositadas nas Placas de Petri com peso conhecido e levadas para secagem na estufa por um período de 24 horas, sob uma temperatura de 105º C. Após isso, as amostras foram retiradas da estufa e encaminhadas para o dessecador para esfriar. Com as amostras já frias, realizou-se a pesagem em uma balança analítica para que posteriormente fossem efetuados os cálculos.

Depois disso, partiu-se para a aplicação do método da pipeta. Com o material contendo silte e argila resultante da filtragem, realizou-se o método da pipeta. Para isso, as provetas contendo esse material foram colocadas no tanque; após medir a temperatura das soluções com um termômetro, determinou-se o tempo de pipetagem. Realizou-se a agitação, que foi feita com o auxílio de um bastão, e cada proveta foi agitada por 30 segundos, guardando um intervalo de tempo entre elas de 1 minuto. Depois de ter aguardado o tempo entre a agitação das provetas e a pipetagem, iniciou-se o procedimento com 5 ml de solução (conteúdo com argila), a 5 cm de profundidade. O material foi transferido para um béquer de 40 ml e adicionados 5 ml de água deionizada; mas, anteriormente, o béquer foi deixado um tempo na estufa e foi feita a pesagem. Após esse procedimento, os béqueres foram levados para a estufa a uma temperatura de 105º C durante 24 horas. Posteriormente a isso, os béqueres foram encaminhados para o dessecador e pesados novamente.

Para calcular os percentuais de Areia silte e Argila, são aplicadas as seguintes equações:

Mareia = P2 (peso da placa com areia) – P1 (peso da placa)

% argila = 10 * Mareia

Margila = P4 (peso do béquer com a argila) – P3 (peso do béquer)

% argila = (Margila – 0,002) * 2000

Porcentagem de silte

% silte = 100% - % areia - % argila

Para análise da densidade do solo, utilizou-se o anel volumétrico de Kopeck de bordas cortante e capacidade interna conhecida. Em campo, as coletas foram realizadas em triplicatas para cada horizonte amostrado. Com o auxílio de um martelo, foi possível cravar o anel na parede do perfil, e, após removido, retirou-se todo o excesso de terra com o auxílio de uma faca, igualando as superfícies e garantindo que o material de dentro do anel não se perdesse; após isso, foi transferido para um recipiente apropriado (Figura 5). Com os anéis já em laboratório, foram secados a 105º C por 2 horas. Depois disso, foram pesados e os valores anotados, realizando, posteriormente, os seguintes cálculos Ds = M/V, sendo: Ds a densidade do solo; M é a massa da amostra; e V é o volume da amostra. Desta forma, os resultados foram expressos em gramas por centímetro cúbico.

Figura 5 – Coleta de solo utilizando anel volumétrico.

Fonte: Souza e Arias (2020)

A permeabilidade do solo, conforme descrito por Bertoni e Lombardi Neto (1999), está diretamente ligada à capacidade do solo de absorver água e ar, portanto é fundamental para entender sua resistência à erosão. Essa característica, medida pela condutividade hidráulica do solo saturado em termos de infiltração (mm/h), influencia o movimento da água no solo e, consequentemente, a erosão.

Com o objetivo de medir a permeabilidade, realizou-se um ensaio de permeabilidade utilizando-se do instrumento Permeâmetro de Guelph. Para tal, o local foi analisado a fim de encontrar um ponto adequado para realização do procedimento. No local adequado, foi feito um furo no solo utilizando o trado (Figura 6). Então, fez-se a montagem do permeâmetro de acordo com o procedimento descrito em seu manual de instruções (Figura 7).

Vale ressaltar que o Permeâmetro de Guelph pode ser ajustado para solos argilosos ou arenosos, utilizando diferentes configurações de seus reservatórios. Para este ensaio, foi utilizada a configuração para solos argilosos.

Após a instalação do equipamento em local adequado, foi adicionada água ao equipamento e aberto o registro, dando início ao procedimento que consistiu em fazer leituras da altura do nível de água a cada 2 minutos, até que a diferença do nível entre três leituras consecutivas fosse constante. O procedimento foi realizado duas vezes, uma em que a altura inicial do nível de água no reservatório (H) foi de 5 cm (H1), e outra de 10 cm (H2).

A taxa de queda d'água (R) em ambos os casos foi obtida a partir da razão entre a diferença de nível do reservatório em centímetros e o tempo em segundos entre três leituras com variação constante.

A taxa de queda d'água após estabilização da água no reservatório H1 foi denominada R.

E a taxa de queda após estabilização da água no reservatório H2 foi nomeada R2.

A condutividade hidráulica saturada de campo foi calculada em laboratório. No caso da utilização do reservatório interno, a equação empregada é:

$Kfs = (0{,}0041) \cdot (Y) \cdot (R2) - (0{,}0054) \cdot (Y) \cdot (R1)$ em que Y = 35,39 cm^2, que é a constante utilizada quando os reservatórios forem interligados (cm^2).

No entanto, em razão de o procedimento ter sido realizado com a configuração para solos argilosos, a equação mais adequada é: $Kfs = (0{,}0041) \cdot (X) \cdot (R2) - (0{,}0054) \cdot (X) \cdot (R1)$ em que X = 2,19 cm^2, que é a constante utilizada quando apenas o reservatório interno estiver selecionado (cm^2). Ambas as constantes estão indicadas na válvula do permeâmetro de Guelph. Na Quadro 4 constam valores que classificam os solos em mais ou menos permeáveis.

Figura 6 – Utilização de trado para furar ponto de instalação do Permeâmetro de Guelph

Fonte: Souza e Arias (2021)

Figura 7 – Ensaio de permeabilidade utilizando o Permeâmetro de Guelph

Fonte: Souza e Arias (2021)

Quadro 4 – Valores típicos do coeficiente de permeabilidade

PERMEABILIDADE		TIPO DE SOLO	K (cm/s)
SOLOS PERMEÁVEIS	Alta	Pedregulhos	$> 10^{-3}$
	Alta	Areias	10^{-3} a 10^{-5}
	Baixa	Siltes e Argilas	10^{-5} a 10^{-7}
SOLOS IMPERMEÁVEIS	Muito baixa	Argila	10^{-7} a 10^{-9}
	Baixíssima	Argila	$< 10^{-9}$

Fonte: Cruz (1996)

Desenvolvimento

A partir da coleta das amostras, realizaram-se os procedimentos de campo e laboratoriais a fim de determinar as características morfológicas, texturais, densidade e de permeabilidade. Este tópico visa apresentar os resultados obtidos nessas análises e discuti-los. Os resultados das análises, com exceção da análise de permeabilidade, serão apresentados de forma segmentada, por perfil de amostragem. Quanto à análise de permeabilidade, seu resultado será exposto após as demais análises.

O perfil amostral 1 foi viabilizado a partir da limpeza do barranco localizado na cabeceira da erosão. Nele, foram identificados horizontes nas seguintes profundidades: 0-15, 15-37, 37-62, 62-92, 92-120, 120-145 cm. Quanto à transição entre os horizontes, de 0-15 e 15-37 cm, apresentou-se como gradual por não haver grande variação na textura e cor. A transição entre os horizontes 15-37 e 37-62 cm foi observada como sendo abrupta, porque é visível uma variação de percentual de argila nas análises realizadas. Por fim, entre os horizontes que seguem, identificaram-se apenas transições graduais. O horizonte de 0-15 cm foi classificado como Ap, com teor relativamente alto de areia concentrada. No entanto, vale a ressalva de que este foi o único indício encontrado que justificasse tal classificação; pelo contrário, foi identificada baixa concentração de matéria orgânica. Então, é de se considerar a possibilidade de que o horizonte superficial já tenha se perdido em função de erosão hídrica e zoógena. Em relação à estrutura, o horizonte 0-15 cm foi identificado como granular. Este tipo de estrutura é caracterizado por ter três dimensões aproximadamente iguais, arredondadas e grumosas. Isso se dá pela presença de raízes e matéria

orgânica. Especialmente, no caso deste horizonte, apesar da baixa concentração de matéria orgânica, é possível observar raízes envolvendo as partículas primárias, predominantemente a areia. Para os perfis restantes, constatou-se que possuem uma estrutura de blocos subangulares e com grau de desenvolvimento de moderado a forte. Estas condições são comuns em horizontes subsuperficiais, os quais apresentam um desenvolvimento estrutural mais consolidado, marcados por apresentarem maiores teores de argila nessas profundidades, comum em Argissolos.

Quanto à porosidade, foram identificados nos horizontes superficiais poros de tamanho pequeno e em quantidades razoáveis, enquanto nos horizontes abaixo a porosidade foi classificada como poros muito pequenos e com muitos poros. Tal resultado corrobora que em solos arenosos é comum que sejam encontrados poucos poros, mas com tamanhos relativamente maiores, enquanto em solos argilosos normalmente o contrário acontece. A porosidade é um importante elemento a ser considerado para compreender as dinâmicas ligadas à ocorrência dos processos erosivos. Nesse sentido, poros menores são preenchidos rapidamente pela água da chuva, havendo o risco até mesmo de partículas menores se alocarem nesses poros, causando o seu entupimento, dificultando, assim, a percolação da água no interior do perfil e favorecendo o escoamento superficial em detrimento da infiltração. Contudo, apesar de os macroporos desfavorecerem a formação de agregados resistentes à erosão hídrica, essa condição favorece a permeabilidade de água, facilitando a recarga de aquíferos.

Sobre a consistência, também houve variações conforme a textura do perfil. Pôde- se observar que o aumento da dureza acompanhou o aumento do teor de argila. A classificação quanto à consistência do solo nos horizontes foi: macia, ligeiramente dura, muito dura e dura, respectivamente, dos horizontes mais superficiais até os mais profundos. Quanto à friabilidade, observaram-se, dos horizontes mais superficiais aos mais profundos, os seguintes resultados: muito friável, firme, muito firme, muito firme, firme e firme, respectivamente, mostrando, para estes resultados, uma forte associação à textura das amostras. Quanto maior o teor de areia, mais friável se torna o horizonte. Os horizontes com maiores teores de argila foram os que apresentaram maior resistência à compressão feita pelos dedos. Em relação à plasticidade dos horizontes menos profundos aos mais profundos, respectivamente, eles foram classificados como: ligeiramente plástica, plástica, muito plástica, muito plástica, plástica e

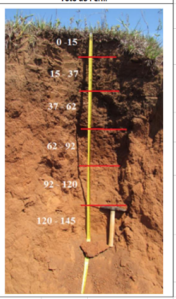
plástica. Aqui, a relação é que, quanto mais arenoso o ambiente, menor a capacidade de ele ser moldado; no caso da argila, quanto maior o percentual de argila, maior a plasticidade. Sobre a pegajosidade, seguiu-se a mesma lógica. Quanto maior o percentual de argila, também foi maior a pegajosidade. A consistência das amostras selecionadas, por sua vez, apresentou-se maior para os horizontes com maior teor de argila, e menor para os que tinham um maior teor de areia. Como observado no Quadro 5, os horizontes de 0-15 e 15-37 cm apresentaram maior teor de areia e foram classificados como franco-arenosos de acordo com o diagrama textural. Por ser arenoso, a agregação das partículas é dificultada e a susceptibilidade à erosão é maior.

Nas amostras retiradas das profundidades 37-62 e 62-92 cm, foi observado um aumento em relação ao percentual de argila em detrimento da areia. Por ser mais argiloso, a infiltração é dificulta e o escoamento superficial favorecido. Vale ressaltar que as classes de solo cujo horizonte B textural contém acúmulo de argila têm uma alta susceptibilidade à erosão hídrica. O horizonte 37-62 foi classificado como de argila-arenosa, conforme o diagrama textural. Nos horizontes restantes, foi encontrado um teor significativamente alto de argila; ademais, também foram encontrados fragmentos da rocha de origem, principalmente na amostra coletada em maior profundidade. As densidades encontradas no perfil 1, para os horizontes em profundidades de 0-15; 15-37; 37-62; 62-92; 92-120; e 120-145 cm, foram, respectivamente, de 1,74; 1,92; 2,04; 1,91; 1,85; e 1,74 g/cm³.

Vale ressaltar que existe uma relação entre densidade e textura que aponta: solos argilosos com boas condições de conservação apresentam valores entre 1,0 e 1,25 g/cm³ de densidade, enquanto, para solos arenosos, esses valores variam entre 1,25 e 140 g/cm³. Neste sentido, os horizontes de 0-15; 15-37, 92-120 e 92-120 cm são arenosos e, em todos os casos, apresentam valor de densidade extrapolando o limite normal para esta característica. Da mesma forma, os horizontes restantes, argilosos, também trazem o valor de densidade fora da curva de normalidade para a classe textural na qual estão inseridos. No horizonte mais superficial, as raízes não são suficientes para empregar uma boa agregação das partículas, e o horizonte 15-37 encontra-se muito compactado, dificultando a fixação de raízes nessa profundidade. Quanto ao horizonte que segue, utilizaram-se critérios mais complexos para a sua avaliação, pois sua baixa porosidade, somada à concentração da argila, confere a ele uma baixa capacidade de

saturação, condutividade hidráulica e de permeabilidade. Na profundidade entre 62 e 92 cm, há restrições quanto à drenagem, à permeabilidade da água e do ar e à condutividade hidráulica, condição já indicada pelo exame de porosidade. Para os horizontes que seguem, vale dizer que o quadro de alta densidade é comum em solos nessa profundidade; ainda assim, o valor apresentado por este horizonte é alto. De forma geral, as características morfológicas, granulométricas e de densidade, somadas, compõem um quadro que nos indica um solo bastante susceptível a erosões hídricas (Quadro 5).

Quadro 5 – Resultados obtidos a partir das análises do perfil amostral 1

PERFIL AMOSTRAL 1								
Análise	**Horizontes (cm)**	**0 - 15**	**15 - 37**	**37 - 62**	**62 - 92**	**92 - 120**	**120 - 145**	**Foto do Perfil**
Morfológica	**Cor** Matiz, valor e croma	10 YR 5/4	7,5 YR 4/4	5 YR 4/6	5 YR 5/6	5 YR 5/5	5 YR 5/8	
	Textura Areia:silte:argila (g/kg) classificação	146:155,3:698,7 Arenosa	173:191,5:635,6 Arenosa	384:138,7:477,3 Argilosa	328:161,6:510,4 Argilosa	295:132,3:572,7 Argilosa	297:142,2:560,9 Argilosa	
	Estrutura Forma, tamanho, grau de desenvolvimento	granular, pequeno, com grau de desenvolvimento fraco	blocos subangulares, médio, com grau de desenvolvimento fraco	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento forte	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento forte	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento moderado	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento moderado	
	Porosidade Tamanho, quantidade	pequenos, poros comuns	pequenos, poros comuns	muito pequenos, muito poros	muito pequenos, muito poros	muito pequenos, muito poros	pequenos, poros comuns	
	Cerosidade Grau de desenvolvimento, quantidade	fraca, pouco	fraca, pouco	moderada, comum	moderada, comum	moderada, comum	fraca, pouco	
	Consistência tenacidade, friabilidade, plasticidade, pegajosidade.	macia, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa	ligeiramente dura, firme, plástica, pegajosa	muito dura, muito firme, muito plástica, muito pegajosa	muito dura, muito firme, muito plástica, muito pegajosa	dura, firme, plástica, pegajosa	dura, firme, plástica, pegajosa	
Textural	**Granolometria (g/kg)** Areia: Silte: Argila:	146 155,3 698,7	173 191,5 635,6	384 138,7 477,3	328 161,6 510,4	295 132,3 572,7	297 142,2 560,9	
Anel Volumétrico	**Densidade (g/cm³)**	1,74	1,92	2,04	1,91	1,85	1,74	

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Os horizontes do perfil 2 foram definidos e amostrados utilizando-se os critérios da alteração da cor e da textura, de acordo com o procedimento. Eles foram identificados entre os intervalos de profundidades: 0-27, 27-48, 48-69, 69-110 cm. Não foi necessária a abertura de trincheira para a visualização do perfil, realizou-se apenas a limpeza do barranco. A transição entre os horizontes superficiais nas profundidades 0-27 e 27-48 cm foi identificada como abrupta, pois há uma notável diferença textural entre as amostras. A tonalidade mais clara em comparação ao horizonte superior no intervalo 27-48 indica que este é um horizonte de perda. A sedosidade encontrada neste horizonte indica um acúmulo de argila, condição que indica se tratar de um Argissolo. Pode-se, também, observar uma coloração brunada no horizonte superficial, a qual pode indicar incorporação de resíduos vegetais em estágio avançado de decomposição. Entre os horizontes 27-48, observa-se uma transição difusa. Já entre os localizados na profundidade 48-69 e 69-110, há transição abrupta, evidenciada por

uma diferença na textura. No caso desse último horizonte, notou-se uma sensação forte de aspereza no tato, indicando grandes teores de areia. Este fato pode estar associado à curta distância entre o material de origem e o horizonte em questão, tendo em vista que nessa região há o predomínio de arenito da formação Adamantina, grupo Bauru. Analisando o perfil 2, nota-se que, na sequência de cores e texturas, há indicativos de que se trata de um Argissolo. A estrutura encontrada no horizonte superficial foi classificada como forma granular, com tamanho muito pequeno e grau de desenvolvimento fraco, e esse quadro é justificado por uma grande fração de areia, resultando em baixa estruturação dos componentes. O grau de desenvolvimento fraco pode ser explicado por baixos teores de matéria orgânica na fase coloidal, bem como pela quase ausência de óxidos, os quais cumprem o papel de agregador de partículas primárias. Além disso, o aspecto grumado encontrado neste horizonte indica uma rápida mineralização, processo comum em ambientes de clima tropical.

No horizonte que segue, em profundidade de 27-48 cm, foi encontrada uma forma em blocos subangulares, com tamanho e grande e grau de desenvolvimento fortes. Apresenta maior agregação entre as partículas devido ao acúmulo de argila, o que favoreceu este horizonte a apresentar um maior desenvolvimento, tanto na forma quanto no tamanho. Assim, tem maior resistência aos processos erosivos, o que, no entanto, desfavorece a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial, resultando em maior probabilidade de erosão da seção acima. Em profundidade entre 48-69 cm, observou-se forma em blocos subangulares, com tamanho grande e forte grau de desenvolvimento. Sendo que, em relação a agregação e estruturação, apresentou as mesmas condições que o horizonte acima. Difere-se por sua maior sensação de sedosidade, percebida pelo tato em procedimento de campo.

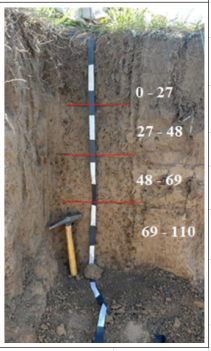
O horizonte em profundidade entre 69-110 cm se apresentou em forma granular, com tamanho muito pequeno e com fraco desenvolvimento. Notou-se predominância de areia pela aspereza percebida no tato; esse quadro confere a este horizonte uma maior dificuldade de agregação das partículas primárias, assim como no horizonte superficial. Contudo, a ausência das raízes faz com que este seja ainda mais desfavorecido em termos de agregação de partículas que o horizonte superficial. Em relação à porosidade, pôde-se notar, nos horizontes 0-27 e 69-110 cm, grande quantidade de poros, mas apresentavam um tamanho pequeno. Como

esperado, por terem maiores percentuais de areia, a drenagem, a aeração, a penetração das raízes e a percolação da água são facilitadas. Em contrapartida, os outros horizontes, que trazem maiores teores de argila, são desfavorecidos nesses aspectos, enquanto a conservação de nutrientes é favorecida. O perfil 2, como era de se esperar, apresentou cerosidade maior nos horizontes descritos como argilosos. Em relação à consistência, os horizontes de profundidade entre 0-27 e 69-110 cm apresentaram-se como soltos, muito friáveis, não plásticos, não pegajosos; todos esses aspectos são observados para solos arenosos. Para os horizontes que tinham uma textura argilosa, essas características foram analogamente identificadas como: dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa. O perfil 2 manifestou-se como arenoso nos horizontes em profundidade entre 0-27 e 69-110 cm, sendo que o horizonte mais superficial apresentou características de um horizonte antropizado, condição justificada pelo histórico de atividades econômicas praticadas no sítio e em toda a região. A presença de grande teor de areia no horizonte 69-110 cm justifica-se pela proximidade deste com a rocha encontrada na região, o arenito. A amostra 2 foi, a princípio, classificada como um horizonte de perda, no entanto a análise granulométrica indicou que ela é a que tem o maior percentual de argila entre as amostras do perfil 2. A densidade da seção em profundidade entre 0-27 cm teve valor de 1,65 g/cm³. Quando comparada aos demais horizontes superficiais, nota-se que é um valor baixo, e isso revela que se trata de um horizonte predominantemente mineral (67% de areia). Quanto à estrutura, revelou-se como pouco complexo em seus arranjos estruturais; no geral, os resultados indicam que o perfil tem boas condições de aeração e drenagem de água, além de a penetração das raízes das plantas ser facilitada. Contudo, a fixação de nutrientes essenciais é dificultada. No horizonte que segue, entre 27-48 cm, o valor de densidade obtido foi de 1,58 g/cm³, menor valor entre todas as amostras analisadas. Foram obtidos os valores de 18% de areia e 56% de argila, e isso permite inferir que se trata de um solo franco-argilo-arenoso, sendo que, para este perfil, é a seção que apresenta maior fração de argila. Ademais, pode-se afirmar que há compactação, no entanto em menor intensidade que nos outros horizontes; esse quadro, atrelado à porosidade, confere uma baixa capacidade de drenagem e percolação de água e ar, com alta possibilidade de erosão.

No intervalo de profundidade entre 48 e 69 cm, determinou-se um valor de 1,74 g/cm³ para a densidade de solo, portanto é nítido que há compactação. A condutividade hidráulica e a drenagem são, então,

desfavorecidas, contribuindo para o aumento da susceptibilidade a processos erosivos dos horizontes acima. Pode-se confirmar essa condição ao identificar que ocorrem quedas de blocos na ravina. Em última análise, para o perfil 2 foi determinado o valor de 1,84 g/cm³ para a densidade do horizonte localizado à profundidade de 69-110 cm. Nesta seção, foi encontrado o menor teor de argila entre as amostras (4%); a parte arenosa representou cerca de 69% (Quadro 6). Essas características garantem fácil infiltração e percolação de água no horizonte.

Quadro 6 – Resultados obtidos a partir das análises do perfil amostral 2

PERFIL AMOSTRAL 2						
Análise	**Horizontes (cm)**	**0 - 27**	**27 - 48**	**48 - 69**	**69 - 110**	**Foto do Perfil**
Morfológica	**Cor** Matiz, valor e croma	7.5 YR 4/2	10 YR 4/2	7.5 YR 4/4	7.5 YR 4/4	
	Textura Areia;silte;argila (g/kg) classificação	70,7;254,7;674,6 Arenosa	188;243,9;568,1 Argilosa	16;236,4;603,6 Argilosa	47;263,5;689,5 Arenosa	
	Estrutura Forma, tamanho, grau de desenvolvimento	granular, pequeno, com grau de desenvolvimento fraco	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento forte	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento forte	granular, muito pequeno, com grau de desenvolvimento fraco	
	Porosidade Tamanho, quantidade	Pequenos, poros comuns	Pequenos, muito poros	Pequenos, muito poros	Pequenos, poros comuns	
	Cerosidade Grau de desenvolvimento, quantidade	fraca, pouco	moderada, comum	moderada, comum	fraca, pouco	
	Consistência tenacidade, friabilidade, plasticidade, pegajosidade.	Solta, muito friável, não plástica, não pegajosa	dura, firme, plástica, ligeiramente pegajosa	dura, firme, plástica, ligeiramente pegajosa	solta, muito friável, não plástica, não pegajosa	
Textural	**Granulometria (g/kg)** Areia: Silte: Argila:	70,7 254,7 674,6	188 243,9 568,1	16 236,4 603,6	47 263,5 689,5	
Anel Volumétrico	**Densidade (g/cm³)**	1,65	1,58	1,74	1,84	

Fonte: elaborado por autores (2024)

O perfil amostral 3, representado no Quadro 7, foi preparado ao realizar a limpeza do barranco. Nele, foram identificados três horizontes texturais, cujas profundidades são: 0-22, 22-60 e 60-100 cm.

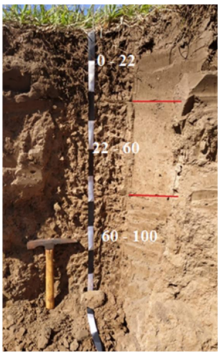
As transições entre os horizontes foram classificadas como abruptas, pois havia nítida mudança de textura. Na camada de profundidade entre 0-22 cm, foi observada uma estrutura de forma granular, tamanho muito pequeno, com fraco grau de desenvolvimento. A textura foi sentida como áspera ao tato. Embora o perfil seja coberto por gramíneas, não há formação de grumos. No horizonte contido entre a profundidade 22-60 cm, a textura sofre uma mudança abrupta em relação ao horizonte mais superficial. Nesta profundidade, a estrutura tem forma de blocos subangulares, tamanho grande e forte grau de desenvolvimento. A argila é a partícula primária predominante e exerce o papel de agregadora, o que explica a formação de blocos e outros complexos estruturais.

Entre as profundidades 60 e 100 cm, foi identificada uma estrutura granular, com tamanho pequeno e baixo grau de desenvolvimento. A textura bastante arenosa, com baixos teores de óxidos e argila, pode ser justificada pela proximidade em relação à rocha matriz. Em relação à percolação e à drenagem de água, esta seção apresentou-se em boas condições. Contudo, esta condição, somada ao baixo grau de desenvolvimento estrutural entre as partículas, torna o solo susceptível às erosões. A seção localizada entre 0-22 e 60-100 cm apresentou poros pequenos, em quantidades comuns. Esse quadro vai ao encontro do esperado para texturas arenosas. A textura, a estrutura e a porosidade (muitos poros em tamanhos muito pequenos) do horizonte que intermeia estes dois dificultam a passagem de água. A cerosidade observada para os horizontes, como esperado, foi maior para o horizonte que apresentou maior teor de argila (60-100 cm). Em relação à consistência, as seções entre 0-22 e 60-100 cm foram classificadas como: solta, para tenacidade ou dureza; muito friável; não plástica, para plasticidade e não pegajosa quanto à pegajosidade. Ambos os horizontes apresentaram comportamento condizente à classificação como arenoso. Quanto à textura, apenas o horizonte localizado na profundidade entre 22-60 cm se diferenciou, mostrando uma textura argilosa; os demais foram identificados como arenosos. Nessa seção, foi determinada uma tenacidade muito dura, com friabilidade muito firme, plasticidade muito plástica e muito pegajosa. Conforme o diagrama textural, as amostras coletadas nas profundidades entre 0-22 e 60-100 cm foram determinadas como franco-arenosas, sendo que foi observado um teor maior que 75% de areia. As características observadas no horizonte superficial do perfil 3 condizem com as percebidas no horizonte superficial do perfil 1. Todavia, a amostragem do horizonte em profundidade 60-100 cm inferiu resultados contraditórios às percepções de campo em relação à contração de argila. Com relação ao horizonte encontrado em profundidade entre 22-60 cm, em um primeiro momento foi aferido que se tratava de um horizonte E — de perda —, no entanto este foi o horizonte que apresentou uma concentração de argila que superou em três vezes o valor encontrado para a seção seguinte.

Em relação à densidade para o horizonte localizando na profundidade de 0-22 cm, obteve-se uma densidade de 1,81 g/cm³, podendo-se inferir que, por se tratar de um horizonte predominantemente mineral, está compactado. Em profundidades entre 22-60 cm, o valor encontrado para a densidade foi de 1, 76 g/cm³. Considerando que este horizonte

apresenta um significativo teor de argila, é perceptível que ele se encontra em condições de compactação. Por fim, o último horizonte analisado, com profundidade entre 60 e 100 cm, apresentou um valor de densidade de 1,60 g/cm³ e, assim como o primeiro horizonte deste perfil, se caracteriza como mineralizado e também está compactado. Portanto, pode-se dizer que o quadro geral encontrado neste perfil, assim como nos que o antecederam, é de alta susceptibilidade à erosão, percolação na camada superior e resistência a infiltração em subsuperfície, gerando o escoamento superficial (Quadro 7).

Quadro 7 – Resultados obtidos a partir das análises do perfil amostral 3

PERFIL AMOSTRAL 3					
Análise	**Horizontes (cm)**	**0 – 22**	**22 – 60**	**60 – 100**	**Foto do Perfil**
Morfológica	**Cor** Matiz, valor e croma	7.5 YR 4/2	7.5 YR 5/3	7.5 YR 5/4	
	Textura Areia;silte;argila (g/kg) classificação	92;146,5;761,5 Arenosa	315;137,3;547,7 Argilosa	117;102,7;780,3 Arenosa	
	Estrutura Forma, tamanho, grau de desenvolvimento	granular, muito pequeno, com grau de desenvolvimento fraco	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento forte	granular, pequeno, com grau de desenvolvimento fraco	
	Porosidade Tamanho, quantidade	Pequenos, poros comuns	muito pequenos, muito poros	Pequenos, poros comuns	
	Cerosidade Grau de desenvolvimento, quantidade	fraca, pouco	moderada, comum	fraca, pouco	
	Consistência tenacidade, friabilidade, plasticidade, pegajosidade.	solta, muito friável, não plástica, não pegajosa	muito dura, muito firme, muito plástica, muito pegajosa	solta, muito friável, não plástica, não pegajosa	
Textural	**Granulometria (g/kg)** Areia: Silte: Argila:	92 146,5 761,5	315 137,3 547,7	117 102,7 780,3	
Anel Volumétrico	**Densidade (g/cm³)**	1,81	1,76	1,6	

Fonte: elaborado por autores (2024)

As amostras foram enumeradas de 1 a 13. Para o primeiro perfil, consideraram-se as amostras de 1 a 6, sendo que a amostra 1 representa o horizonte mais superficial e a 6 o horizonte mais profundo. No segundo perfil, identificaram-se as amostras de 7 a 10; e, para o perfil 3, foram identificadas de 11 a 13. De acordo com os resultados obtidos para os percentuais de areia, silte e argila, as amostras foram dispostas sobre o diagrama textural indicando a sua classe textural, conforme a United States Department of Agriculture (United States of America, 1951).

Quanto aos resultados de permeabilidade, foi obtido o valor igual a $4{,}69 \times 10^{-5}$ cm/s. De acordo com Cruz (1996), solos com características argilosas que apresentam coeficiente variando entre os valores de 10^{-5} a 10^{-7} caracterizam-se pela permeabilidade lenta.

Considerações finais

Foram realizadas análises das características físicas do solo em três perfis amostrais encontrados na microbacia pluvial do sítio São José, em Caiabu/SP. Através das análises, identificou-se morfologia, textura, densidade e permeabilidade, constatando-se predominância de Argissolo Vermelho-Amarelo na área de estudo. Além disso, o solo apresentou horizontes superficiais com classe textural franco-arenosa, compactados, pouco desenvolvidos e com pouca capacidade de formar agregados.

A prática de manejo adequado é fundamental para a preservação dos solos, uma vez que as características físicas observadas apontam para uma alta susceptibilidade à erosão hídrica desse recurso. Neste sentido, entende-se que a formação de feições erosivas está relacionada às características físicas naturais do solo e ao uso e ocupação humana da terra de forma indiscriminada.

Portanto, diante de tudo o que foi apresentado, entende-se que o cenário de degradação no qual se encontram os solos do sítio São José tem intrínseca relação com fatores naturais atuais, mas também com fatores relacionados ao âmbito econômico e social. Dessa forma, o uso do solo a partir de práticas conservacionistas contribui para preservação desse recurso para as futuras gerações.

Referências

BARCELLOS, A. O. *et al.* Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. SPE, p. 51-67, 2008.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

CAMPOS, L. F. A. *et al.* Características de plasticidade de argilas para uso em cerâmica vermelha ou estrutural. **Cerâmica**, São Paulo, v. 45, n. 295, p. 140-145, 1999.

CRUZ, P. L. **100 barragens brasileiras**: casos históricos, materiais de construção e projeto. São Paulo: Oficina de Textos, 1996.

DONAGEMMA, G. K. *et al.* Análise granulométrica. *In*: TEIXEIRA, P. C. *et al.* (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 95-116.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu: Fepaf, 2006.

FUJIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. 2002. Dissertação (Mestrado em Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz-Universidade de São Paulo) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

IBGE. **Limites municipais do Brasil**. IBGE, 2017.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relação solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.

NUNES, J. O. R. *et al.* A influência dos métodos científicos na geografia física. **Terra Livre**, Presidente Prudente, v. 2, n. 27, p. 119-130, jul./dez. 2006.

ROSS, J. L. S. Os fundamentos da geografia da natureza. *In*: ROSS, J. L. S. (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1996. p. 13-65.

SANTOS, R. D. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Controle de erosão**: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional. São Paulo: DAEE, 1989.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia física e geomorfologia: tema para debate. **Revista da Anpege**, Porto Alegre, v. 5, n. 5, p. 17-26, 2017.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia física e geomorfologia**: uma releitura. Porto Alegre, 2018.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2017.

United States Department of Agriculture (U.S.D.A, 1951) – SOIL SURVEY STAFF (Washington, D.C.). **Soil survey manual**. Washington: United States Department of Agriculture, 1951.

VIANA, J. H. M. *et al.* Análise granulométrica. *In:* TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. C. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, Distrito Federal: Embrapa, 2017. p. 95-116.

APLICAÇÃO DE TÉCNICA DE BIOENGENHARIA PARA CONTENÇÃO DE FOCO EROSIVO LINEAR EM UMA PROPRIEDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP

Matheus Horácio do Carmo Pereira
Pedro Henrique Chicca Picciarelli

Introdução

A erosão de solos é um fenômeno natural. Segundo Guerra e Jorge (2013), todas as paisagens que possuam alguma declividade superior a 3° podem sofrer erosão. Entretanto, o uso inadequado da terra com a adoção de práticas inadequadas de manejo e conservação de solo numa condição de ocorrência natural de chuvas intensas, concentradas em alguns meses do ano, é responsável por elevadas perdas e qualidade de solo e água em áreas agricultáveis do estado da São Paulo (Anjos Filho, 1998).

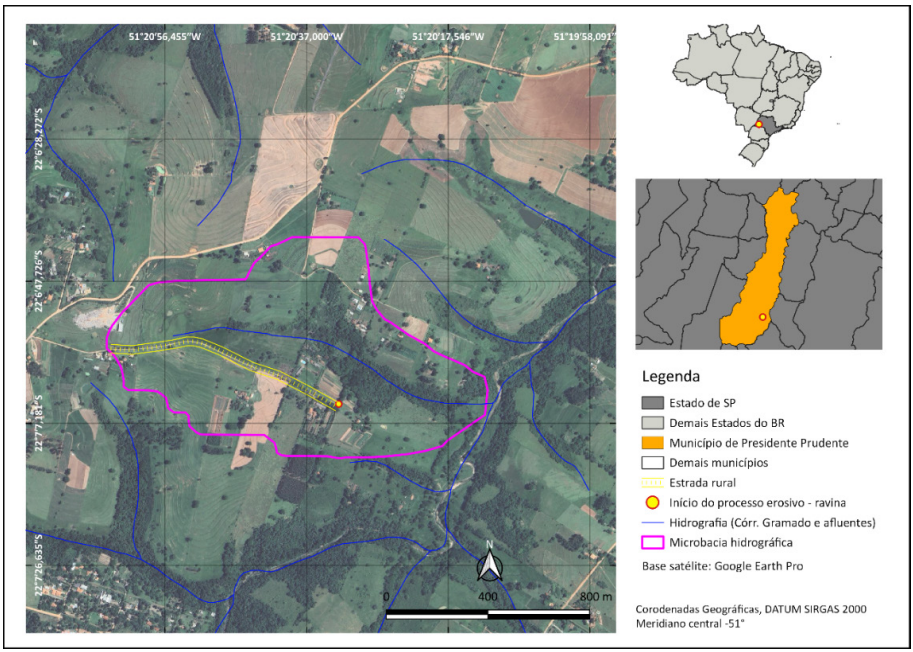
Um dos principais fatores que corroboram a perda de solo em áreas agricultáveis do estado de São Paulo é a falta de conservação e manutenção de estradas rurais (Casarin, 2008). As estradas rurais são as principais ligações entre as propriedades rurais e os povoados vizinhos, além de servirem de acesso às vias principais. De acordo com Griebeler, Pruski e Silva (2009), as estradas não pavimentadas permitem o acesso da população rural a serviços básicos como saúde, educação, comércio e lazer. Porém, a falta de projetos de controle das drenagens, que conduzam de forma adequada as águas pluviais, impedindo a formação de grandes massas e de energia cinética elevada, causa diversos problemas em estradas rurais, bem como nos solos agricultáveis (Pires; Souza, 2006).

Estudos sobre a conservação das estradas rurais apontaram o transporte de sedimentos e a erosão do solo nas margens de estradas, transportando materiais sólidos para os leitos dos rios, como os principais fatores na redução da qualidade ambiental e dos recursos hídricos (Cepa, 1999). Ações conservacionistas devem ser adotadas em estradas rurais de modo a evitar a ocorrência de processos erosivos e, consequentemente, o assoreamento de corpos d'água, além de promover a

recarga dos aquíferos subterrâneos. Essas ações conservacionistas já estão previstas na Lei Estadual de nº 6.171, de 4 de julho de 1988 (São Paulo), que, em seu artigo 7º, impõe que as águas de escoamento das estradas rurais devem ser conduzidas às propriedades de modo que não causem problemas de erosão, tanto na estrada quanto nas propriedades adjacentes.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo estudar os processos erosivos relacionados à existência de uma estrada rural sem manutenção adequada, e apresentar um projeto de bioengenharia que tem como objetivo a retenção de sedimentos e o favorecimento da infiltração da água. A área em estudo localiza-se no município de Presidente Prudente, estado de São Paulo, sob coordenadas geográficas 22°07'04.5" S e 51°20'32.5" W. O mapa de localização da área foco da presente pesquisa pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização



Fonte: os autores (2024)

Metodologia

Montagem das estruturas de bioengenharia: paliçadas de bambu com sacarias

Após realização de visitas técnicas à área em estudo e ao entorno, foi realizada uma caracterização do local em estudo e do entorno, a identificação do processo erosivo e definido o método de bioengenharia com paliçadas de bambu como método de estudo.

Para a aquisição das paliçadas, foi utilizada uma moita de bambu existente na propriedade rural, de onde foi retirado o material vegetal utilizado em todo este trabalho. As estacas foram cortadas em tamanhos específicos e predefinidos, de acordo com a largura e altura do canal erosivo existente (ravina). Para a construção das paliçadas, inicialmente foram realizadas cavidades no interior da revina para fixação dos bambus para apoio vertical. Após isso, os bambus previamente cortados foram apoiados e presos aos de apoio com a utilização de arame, e, por fim, sacos de ráfia de 50 kg foram cheios com terra e colocados a montante das paliçadas.

Figura 2 – Construção das paliçadas de bambu: estrutura de bioengenharia

Fonte: adaptada de Pereira e Picciarelli (2019)

Análise granulométrica dos sedimentos retidos

Para a análise granulométrica dos sedimentos retidos nas paliçadas, foi coletada uma amostra a montante de cada estrutura construída, totalizando sete amostras no total. Quanto aos procedimentos laboratoriais, incialmente foi realizado o destorroamento do solo. As amostras foram secas durante uma semana (Figura 3), colocadas em almofarizes e, com o auxílio de um pistilo, os torrões de solo foram desmanchados até que a amostra ganhasse um aspecto homogêneo. Posteriormente, a amostra já destorroada foi peneirada em uma peneira de 2,00 mm.

Figura 3 – Amostra de sedimentos retidos montante das paliçadas para análise em laboratório

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Para a análise granulométrica, foi utilizado o método da pipetagem, em que foram separados e pesados em balança semianalítica 10 g de solo seco, destorroado e peneirado de cada amostra, em um Erlenmeyer que fora pesado anteriormente. Após esta etapa, foram adicionados 20 ml de água deionizada com auxílio de uma proveta de 25 ml e em seguida acrescentaram-se 10 ml de Hidróxido de Sódio (NaOH) 1 mol.L-1 com uma pipeta de 10 ml. Os Erlenmeyers foram colocados em uma mesa agitadora por 6 horas para desagregar os diferentes grãos que compõem o solo.

Após a agitação, o solo foi peneirado e lavado com água deionizada e com auxílio de um funil, em uma peneira de 0,053 mm de abertura, para uma proveta de 1.000 ml.

A água deionizada foi utilizada para lavagem da amostra de solo a fim de remover os grãos de espessura menor que a da peneira, até que a proveta completasse 1.000 ml de solução (Figura 4).

Figura 4 – Lavagem da amostra com água deionizada

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Os grãos de areia que foram retidos na peneira são transferidos para placas de petri, que foram anteriormente secas e pesadas, e foram levados à estufa a uma temperatura de 105º C por um período de 24 horas. Após as 24 horas, a placas foram transferidas para um dessecador para esfriar e depois foram pesadas em balança.

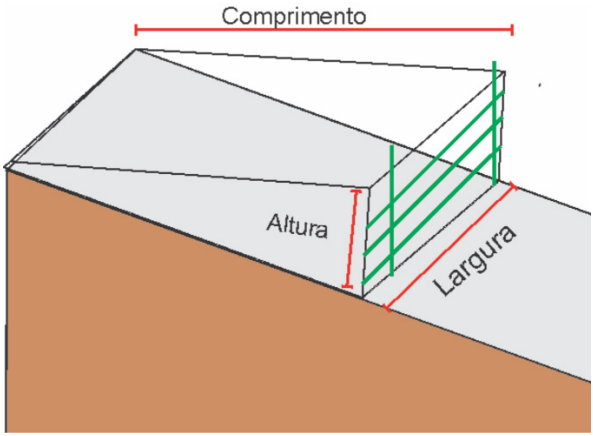
As provetas preenchidas com a solução de 1.000 ml de silte, argila e água foram organizadas para a pipetagem. Anteriormente à pipetagem, a temperatura da solução de cada proveta foi medida para que a pipetagem fosse feita após um determinado período, que varia conforme a temperatura marcada no termômetro. Iniciada a agitação, o tempo de pipetagem começa a contar; quando terminar o tempo de sedimentação, inicia-se a pipetagem de 5 ml da solução a 5 cm de profundidade. A pipetagem é realizada com um intervalo de tempo de 1 minuto entre uma amostra e outra. A alíquota pipetada foi transferia para um béquer seco e pesado (mesmo procedimento realizado com as placas de Petri) e colocada para a secagem em estufa pelo período de 24 horas a 105° C; transcorrido este tempo, os béqueres foram levados a um dessecador e posteriormente pesados.

Cálculo do volume de sedimentos retidos

Para calcular um valor aproximado do volume de sedimentos que cada paliçada foi capaz de reter ao longo do período da pesquisa, foram medidos os valores iniciais de altura e largura de cada barramento, bem como a distância horizontal de uma paliçada em relação à outra. Após todo o período de pesquisa, a altura que representa o excedente entre a superfície dos sedimentos acumulados e o restante da paliçada não preenchido foi subtraída da altura total de cada barramento, obtendo-se assim a altura da lâmina vertical de sedimentos acumulados para cada paliçada. Todas essas medições foram realizadas com auxílio de uma trena.

Para obter-se o volume aproximado de sedimentos retidos em cada paliçada, foi aplicada uma fórmula calculando o produto entre a altura da lâmina vertical de sedimentos, a largura de cada paliçada e a distância entre um barramento e outro, estes divididos por 1.000.000 para que haja a conversão de cm^3 para m^3; por fim o resultado V é dividido por 2, pois, de acordo com a Figura 5, o formato aproximado do volume de sedimentos acumulados assemelha-se a um prisma triangular retangular, equivalente à aproximadamente metade de um paralelepípedo.

Figura 5 – Esquema ilustrativo da instalação das paliçadas de bambu e dimensões



Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Desenvolvimento

Caracterização do processo erosivo

Considerando que água em volume e velocidade promove erosão no solo, Pires e Souza (2006) apontam que a condução e captação estratégica das águas pluviais, impedindo a formação de grandes massas e de velocidade erosiva, é a solução para a conservação das estradas, evitando a erosão, e consequentemente o assoreamento de corpos d'água, além de promover a recarga dos aquíferos subterrâneos.

A erosão provocada pela água no leito e nas margens das estradas é um dos principais fatores para sua degradação, sendo responsável por mais da metade das perdas de solo no estado de São Paulo (Anjos Filho, 1998). O transporte de sedimentos e a erosão do solo nas margens de estradas, carreando materiais sólidos para os leitos dos rios, são um dos principais fatores na redução da qualidade ambiental e dos recursos hídricos (Cepa, 1999).

Feições erosivas, como ravinas e voçorocas de grande porte, podem ser observadas tanto ao longo da plataforma como em propriedades rurais adjacentes ao corpo da estrada (Guerra; Silva; Botelho, 1999).

Para o efetivo controle da erosão em estradas rurais, é de fundamental importância atuar eficientemente na origem do problema: o

escoamento superficial das águas pluviais. É necessário impedir que a água proveniente do escoamento superficial se acumule na estrada e passe a utilizá-la para o seu escoamento. A água escoada pela estrada deve ser coletada nas suas laterais e encaminhada, de modo controlado, para os escoadouros naturais, artificiais, bacias de acumulação ou outro sistema de retenção localizado no terreno marginal (Griebeler; Pruski; Silva, 2009; Santos; Morano, 2017).

Oda (1995) aponta que, geralmente, as estradas rurais resultam da evolução de trilhas e caminhos precários que, com o tempo e o aumento do volume de tráfego, passam a necessitar de melhorias nas suas condições de rolamento.

A Figura 6 apresenta vista da estrada rural adjacente à área em estudo, onde se observa que a estrada encontra-se "encaixada", ou seja, não há controle das águas pluviais, sendo o escoamento superficial concentrado no próprio leito da estrada rural e suas margens.

Figura 6 – Estrada rural "encaixada"

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

O processo erosivo na área de estudo está relacionado com o tipo de uso, cobertura e conservação do solo e também com a falta de manutenção da estrada rural adjacente à propriedade. A estrada rural em questão tem início a partir de um divisor de águas, com coordenadas geográficas 22° 6'55.36" S 51°21'14.66" O, e estende-se por 1.286 metros até o início da erosão (Figura 7).

Figura 7 – Distância da estrada principal até o início do processo erosivo

Fonte: adaptada de Google Earth Pro (2019)

A Figura 8 mostra a elevação do terreno no leito da estrada rural adjacente à propriedade de estudo. Com os desníveis topográficos, aliados à falta de manutenção da estrada rural, a água proveniente do escoamento superficial ganha energia suficiente para desprender os agregados do solo, causando processos erosivos.

Figura 8 – Elevação do terreno no leito da estrada rural adjacente à propriedade de estudo

Fonte: adaptada de Google Earth Pro (2019)

Como não há abaulamento na estrada, existe diferença de topografia, há presença de barrancos nas laterais que variam de 0,35 a 2,30 m (estrada encaixada), o escoamento superficial ganha força e velocidade suficientes para desprender os agregados de solo presentes na estrada e em suas laterais.

Para exemplificar o sentido do fluxo de água nas laterais da estrada rural, foi elaborada a Figura 9, observada a seguir.

Figura 9 – Sentido do escoamento superficial na estrada rural

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

A água da enxurrada encontra na propriedade de estudo um facilitador no relevo que permite com que ela adentre a propriedade, dando início ao processo erosivo. A erosão inicia-se com um sulco na lateral da estrada, que, devido ao facilitador do relevo, rapidamente torna-se uma ravina já dentro da propriedade (Figura 10).

Figura 10 – Início do processo erosivo na propriedade rural

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

O processo erosivo (ravina) se estende até as coordenadas geográficas 22°7'2.01" S 51°20'31.21" O, e, a partir desta, percebe-se o afloramento do arenito e água do aquífero freático, caracterizando uma voçoroca (Figura 11 e Figura 12).

Figura 11 – Voçoroca identificada a jusante da ravina

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Figura 12 – Afloramento de água no interior da voçoroca (nascente)

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

A nascente dá início a um curso d'água que tem sua foz em um ponto de queda d'água do córrego afluente ao córrego Gramado. Neste ponto é possível observar grande quantidade de sedimentos depositados no curso d´água, o que pode ser um indicativo de que o processo de ravinamento combinado com o processo de formação de voçorocas está assoreando esse curso d'água (Figura 13).

Figura 13 – Sedimentos depositados no fundo de vale assoreando curso d'água

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Como consequência de erosões intensas, tem-se a eliminação de terras férteis, destruição de estradas e outras obras de engenharia, assoreamento de rios e reservatórios, recobrimento de solos férteis nas planícies de inundação, destruição de habitats, rebaixamento do lençol freático no entorno, com secagem de nascentes, deterioração de pastagens e culturas agrícolas. A prevenção ainda é a melhor maneira de se livrar do problema, pois, uma vez instalada essa forma de erosão, torna-se quase sempre inviável sua eliminação, restando como alternativa efetivar estratégias para a sua estabilização e, assim, evitar a intensidade do problema através da recuperação da área (Goulart *et al.*, 2006).

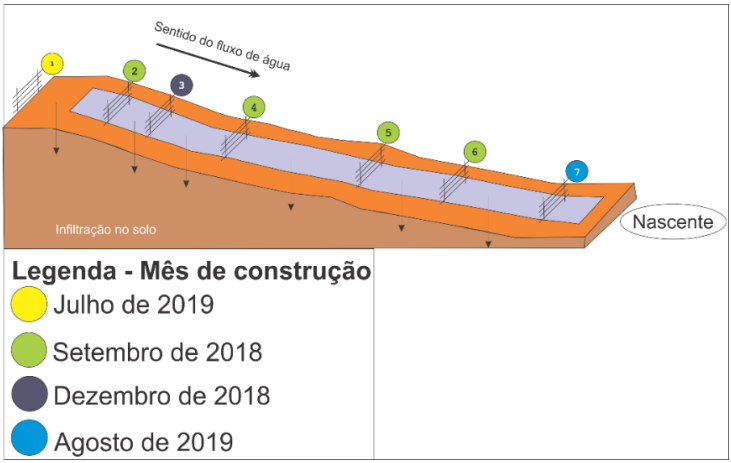
Implementação da técnica de bioengenharia: paliçadas de bambu com sacarias

Após a caracterização do local e escolha do método de bioengenharia a ser adotado, foram definidos os pontos para instalação das estruturas de contenção. Incialmente, foram instaladas quatro paliçadas no interior do canal erosivo, porém, ao decorrer das chuvas, foram necessárias manutenções e instalação de mais três paliçadas, visando minimizar ainda mais o impacto do escoamento superficial.

Dessa forma, ao total foram instaladas paliçadas de bambu em sete pontos no interior da ravina. Além das paliçadas de bambu, foram colocados sacos de ráfia cheios de terra na cabeceira da erosão, ponto adjacente à estrada onde a água do escoamento superficial tem acesso à propriedade. Foi optado por colocar somente os sacos neste local, pois a presença de piçarras dificultou a instalação de um alicerce rígido para as estruturas de bambu.

A Figura 14 apresenta um esquema ilustrativo que tem como objetivo facilitar a compreensão de como as paliçadas foram distribuídas, os meses em que foram construídas, bem como seu potencial de atuação na vertente.

Figura 14 – Esquema ilustrando a disposição das paliçadas na vertente



Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

As distâncias entre as paliçadas se configuraram da seguinte maneira:
Entre os sacos de ráfia e a paliçada 1: 2,00 m
Entre a paliçada 1 e a 2: 2,17 m
Entre a paliçada 3 e 4: 8 m
Entre a paliçada 4 e 5: 10,4 m
Entre a paliçada 5 e 6: 6,65 m
Entre a paliçada 6 e 7: 7,26 m

Tabela 1 – Alturas e larguras iniciais das paliçadas instaladas

Identificação	Altura (cm)	Largura (cm)
Paliçada 01	47,00	123,00
Paliçada 02	63,00	130,00
Paliçada 03	43,00	150,00
Paliçada 04	69,00	200,00
Paliçada 05	39,00	140,00
Paliçada 06	37,00	150,00
Paliçada 07	70,00	180,00

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Análise granulométrica dos sedimentos retidos

A análise granulométrica dos sedimentos retidos a montante de cada paliçada indicou a presença predominante de areia e areia Franca. Como os sedimentos carreados são os agregados desprendidos da própria estrada rural, e estes são constituídos em grande parte de depósitos tecnogênicos do tipo úrbicos, os resultados da análise em alguns pontos comprovaram a presença desses materiais, como é possível observar nas amostras das paliçadas 4 e 7.

Em depósitos tecnogênicos úrbicos, estão presentes outros elementos além de silte, areia e argila. Constatou-se a presença de cimento, materiais de construção civil, entre outros. Estes materiais afetam a análise granulométrica de rotina, principalmente nos percentuais das frações de areia, silte e argila. Como é possível observar nos pontos 4 e 7, estes apresentam valores de silte negativos, devido à presença de resíduos de construção civil que não foram possíveis de identificar por meio das análises laboratoriais, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da análise granulométrica

Identificação	Areia ($g.Kg^{-1}$ $g.Kg^{-1}$)	Argila ($g.Kg^{-1}$ $g.Kg^{-1}$)	Silte ($g.Kg^{-1}$ $g.Kg^{-1}$)	Classe Textural
Paliçada 01	898,4	46	55,6	Areia
Paliçada 02	840,3	72	87,6	Areia Franca
Paliçada 03	951,2	38,7	10	Areia
Paliçada 04	951,1	58	**-9,1**	Areia
Paliçada 05	892,5	88	18,5	Areia Franca
Paliçada 06	926,9	66	7	Areia
Paliçada 07	961	62	**-23**	Areia

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

O conceito de Depósitos Tecnogênicos é considerado, visto que é possível observar esse tipo de material em todo o leito carroçável da estrada rural adjacente à propriedade de estudo (Figura 15). Também se pode levar em consideração o fato de que a manutenção de estradas rurais

utiliza de cascalhos e entulhos de construção civil (Ferreira, 2009). Estes resultados laboratoriais, bem como observações de campo, são indícios de que realmente os sedimentos transportados são provenientes do próprio leito da estrada rural.

Figura 15 – Depósitos tecnogênicos úrbicos depositados a montante da paliçada

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Comparação temporal entre as paliçadas

O tempo total do projeto foi de 13 meses. Neste tempo, foram instaladas as paliçadas de bambu, realizados os acompanhamentos e manutenções e instalação de paliçadas adicionais. Este tópico apresentará os resultados obtidos ao fim do projeto, e a comparação visual entre as paliçadas (quando foram instaladas *versus* fim do estudo).

A Tabela 3 a seguir apresenta a qual a altura final de sedimentos acumulados em cada paliçada, bem como a distância horizontal entre elas. Esses parâmetros foram utilizados para realizar um cálculo aproximado do volume de sedimentos retidos.

Como pode ser observado, considerando todas as paliçadas, foram retidos 17,4 m³ de sedimentos utilizando a estrutura de bioengenharia na propriedade, sendo que quatro paliçadas retiveram sedimentos até sua capacidade máxima.

Tabela 3 – Alturas e larguras iniciais das paliçadas instaladas

Identificação	Altura da paliçada (cm)	Altura de sedimentos (cm)	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Volume (m³)	Capacidade máxima (m³)	Porcentagem preenchida (%)
Paliçada 01	47,00	47	123	200	0,6	0,6	100
Paliçada 02	115	96	130	837	5,2	6,3	83,48
Paliçada 03	43	43	150	217	0,7	0,7	100
Paliçada 04	69	47	200	800	3,8	5,5	68,12
Paliçada 05	39	39	140	1040	2,8	2,8	100
Paliçada 06	37	37	150	665	1,8	1,8	100
Paliçada 07	70	37	180	726	2,4	4,6	52,86
TOTAL	-	-	-	-	**17,4**	**22,3**	**77,82**

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

A seguir será apresentada a comparação temporal visual em cada ponto de intervenção no canal erosivo.

Cabeceira da ravina

Foi realizado um ponto de intervenção deste local visando diminuir a energia cinética das águas provenientes de escoamento superficial, fazendo com que as paliçadas a jusante não fossem intensamente avariadas. Como mencionado, neste local foram instalados sacos de ráfia com terra.

Após a análise temporal, foi possível perceber grande quantidade de sedimentos retidos a montante dos sacos, o que evidencia que o objetivo proposto foi atingido.

Figura 16 – Análise temporal dos sacos de ráfia na cabeceira do canal erosivo

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Paliçada 01

Esse ponto se encontra rente à cerca que delimita a propriedade. É um ponto crítico, pois é o responsável por receber a maior parte do impacto do escoamento superficial. Como é possível observar na Figura 17, ao fim da pesquisa, houve grande contenção de sedimentos nesse ponto. Ainda é possível realizar manutenções nessa paliçada, como a inserção

de mais bambus horizontais e sacarias, para aumentar sua altura e reter mais sedimentos.

Como os sacos de ráfia na cabeceira da erosão, essa paliçada foi construída após a instalação dos barramentos no interior da propriedade para aperfeiçoar ainda mais a capacidade de contenção de sedimentos logo no início do processo erosivo, e sua eficácia foi constatada, pois, como pôde ser observado, a paliçada possuía 47 cm de altura, sendo que esta ficou totalmente preenchida por sedimentos. Ao fim da pesquisa, essa paliçada conteve 0,6 m³ de sedimentos.

Figura 17 – Análise temporal da paliçada 01

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Paliçada 02

Foi necessária a manutenção dessa paliçada, pois, inicialmente, essa era a primeira estrutura construída para diminuir a energia cinética do escoamento superficial. A paliçada recebia todo o primeiro impacto do escoamento superficial, o que ocasionou seu rompimento. Ao fim da pesquisa, observou-se grande quantidade de sedimentos reditos nesse ponto (Figura 18).

Figura 18 – Análise temporal da paliçada 02

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Como a estrutura se rompeu, foi realizada a manutenção com novas sacarias e novas estacas de bambu; praticamente foi construída uma nova paliçada no local.

Inicialmente a paliçada possuía 52 cm de altura, sendo esta completamente encoberta por sedimentos. Após a manutenção, a paliçada teve sua estrutura vertical recuperada, e foram acrescentados 63 cm de altura útil. Ao fim da pesquisa, considerando a manutenção feita, essa paliçada reteve 5,2 m³ de sedimentos.

Paliçada 03

Essa paliçada foi instalada em dezembro de 2018, e é possível perceber que houve a deposição de sedimentos até a altura máxima da paliçada (Figura 19). Quando a paliçada de número 2 estourou, essa barreira ficou responsável por absorver todo o primeiro impacto da água da chuva. Como houve a deposição de sedimentos até a altura máxima da paliçada, foi possível realizar sua manutenção com mais estacas de bambu e sacarias, pois a água já estava passando por cima da paliçada. Como pôde ser observado, ao final fim da pesquisa essa paliçada conteve 0,7 m³ de sedimentos.

Figura 19 – Análise temporal da paliçada 03

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Paliçada 04

Também foi necessária a manutenção nessa paliçada, pois sua estrutura estava danificada e a água começou a solapar as laterais do canal erosivo. Percebe-se que houve grande acúmulo de sedimentos nesse ponto, preenchendo todo o canal (Figura 20). Como pôde ser observado, ao fim da pesquisa essa paliçada conteve 3,8 m³ de sedimentos.

Figura 20 – Análise temporal da paliçada 04

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Paliçada 05

Devido ao fato de as paliçadas a montante terem amenizado consideravelmente a energia cinética da enxurrada e a essa paliçada estar escorada em uma árvore, ela não sofreu graves danos em suas estruturas, segurando grande quantidade de sedimentos (Figura 21). Como pôde ser observado, ao fim da pesquisa, essa paliçada conteve 2,8 m³ de sedimentos.

Figura 21 – Análise temporal da paliçada 05

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Paliçada 06

Do mesmo modo que a paliçada 05, devido ao fato de as paliçadas a montante terem amenizado a energia cinética do escoamento superficial e a essa paliçada estar escorada em uma árvore, ela não sofreu muito dano em suas estruturas, segurando grande quantidade de sedimentos (Figura 22).

Como pôde ser observado, ao fim da pesquisa essa paliçada conteve 1,8 m³ de sedimentos.

Figura 22 – Análise temporal da paliçada 06

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Paliçada 07

A paliçada 07 foi instalada posteriormente a todas as outras a montante, em um ponto onde a largura do canal erosivo se intensifica, pois é um local com ausência de vegetação às margens do canal, e com grande translado de pessoas (Figura 23). Ao fim da pesquisa, a paliçada reteve 2,4 m³ de sedimentos.

Figura 23 – Análise temporal da paliçada 07

Fonte: Pereira e Picciarelli (2019)

Considerações finais

Com os resultados obtidos e as discussões apresentadas, observa-se que estradas rurais sem a devida manutenção estão susceptíveis à formação de processos erosivos, tanto em seu leito quanto em propriedades rurais adjacentes. Sabe-se que são utilizados materiais considerados tecnógenos úrbicos para melhorar o rolamento e a aderência da estrada rural, porém estes acabam sendo transportados para os fundos de vale, impactando a qualidade e quantidade de água dos cursos hídricos. De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, esse é um impacto que ocorre na sub-bacia hidrográfica de estudo.

Entretanto, a técnica de bioengenharia proposta no presente trabalho se mostrou eficiente perante a situação de falta de manutenção da estrada rural naquele ponto, retendo uma quantidade considerável de sedimentos que eventualmente seriam transportados para o curso d'água, estabilizando o processo erosivo que se estabelecia no local. Contudo, se os problemas presentes na estrada rural não forem contornados e não houver manutenção das estruturas de bioengenharia, o processo erosivo voltará a perder estabilidade, podendo evoluir.

Referências

ANJOS FILHO, O. Estradas de terra. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 29 abr. 1998. Supl. Agrícola.

CASARIN, R. D. **Controle de erosão em estradas rurais não pavimentadas, utilizando sistema de terraceamento com gradiente associado a bacias de captação**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

FERREIRA, T. Restos de material de construção civil são usados para revestir estradas rurais no estado de São Paulo, proporcionando transporte seguro e benefícios ao meio ambiente. **Globo Rural**, São Paulo, v. 1, n. 1, 2009.

GOOGLE EARTH PRO®. 2019. **Perfil topográfico longitudinal**. Coordenadas 22° 6'56.69"S e 51°20'52.70"W. Data da visualização: agosto de 2019.

GOULART, R. M. *et al.* Caracterização de sítios e comportamento de espécies florestais em processo de estabilização de Voçorocas. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 68-79, 2006.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; SILVA, J. M. A. Controle da erosão em estradas não pavimentadas. *In*: PRUSKY, F. F. **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2. Viçosa: Editora UFV, 2009. p. 166-215.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficinas de textos, 2013.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 1999.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. **Avaliação do projeto de microbacias**: componente estradas. Florianópolis: Cepa, 1999.

ODA, S. **Caracterização de uma rede municipal de estradas não-pavimentadas**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Transportes – Estradas e Aeroportos) –Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.

SANTOS, D. H.; MORANO, J. R. **Recuperação e manutenção de estradas rurais**. Presidente Prudente: Codasp, 2017.

DIAGNÓSTICO DA EROSÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS COMO SUBSÍDIO À RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR MEIO DA BIOENGENHARIA DE SOLOS, ILHA DO MARANHÃO/MA

José Fernando Rodrigues Bezerra
Gilberlene Serra Lisboa
Marly Silva de Morais
Antônio José Teixeira Guerra

Introdução

A degradação do solo é um dos problemas ambientais atuais que mais vêm chamando atenção de estudiosos e profissionais do mundo todo, seja pelo seu impacto direto na produção agrícola, seja no assoreamento dos canais fluviais afetando o abastecimento, ou até mesmo causando riscos de deslizamentos nas áreas urbanas e rurais, provando prejuízos nas infraestruturas pública e privada e perdas de vida. Segundo Morgan (1981), esse tipo de degradação pode ser definido como a perda da produtividade da terra, quantitativamente ou qualitativamente, através de vários processos, como erosão, ação eólica, salinização, diminuição dos nutrientes, deterioração da estrutura do solo e poluição.

A erosão urbana no Brasil é um problema crescente, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas e em regiões com características geográficas que favorecem esse fenômeno, como as regiões Nordeste e Sudeste em áreas de rochas sedimentares, graníticas e gnáissicas do embasamento cristalino (Bertoni; Lombardi Neto, 2005), que deram origem a solos suscetíveis à erosão.

A erosão do solo é uma questão ambiental desafiadora em todo o mundo, uma vez que envolve muitos problemas ambientais, como perda de fertilidade e poluição da água. A priorização de bacias hidrográficas propensas à erosão do solo é a pedra angular de qualquer programa de gestão eficaz e sustentável dos recursos naturais (Hantoli; Awawdeh; Obeidat, 2023).

A erosão por voçorocas pode atingir dimensões alarmantes e, em vários casos, contribui significativamente para a perda de solo e produção de sedimentos nas bacias hidrográficas (Roux *et al.*, 2022). O processo de erosão atua naturalmente sobre os solos e rochas, modificando o relevo, sendo os solos um fator que influencia sua ocorrência e intensidade. A prevenção e a recuperação desses eventos demandam recursos e planejamentos que considerem as especificidades do meio físico, além de condições sociais do desenvolvimento urbano (Barbosa; Lima; Guerra, 2021).

A expansão urbana especulativa e sem planejamento do município de São Luís, somada às características geoambientais suscetíveis à erosão, como geologia sedimentar friável, solos profundos e elevados índices pluviométricos, resultou no surgimento de feições erosivas lineares com alto estágio de evolução, como as voçorocas do Torres 1, Torres 2, BR1, BR2, Sacavém, Vila Santana, Matadouro, Cemitério, Castelão e Santa Eulália (Bezerra *et al.*, 2003; Mendonça *et al.*, 2005; Guerra *et al.*, 2009; Sathler *et al.*, 2009; Sathler, 2010; Bezerra, 2011; Lisboa *et al.*, 2014; Bezerra; Guerra; Fullen, 2016; Sousa, 2018; Lisboa, 2018; Morais, 2018; Fushimi *et al.*, 2020; Lima, 2021; Andrade *et al.*, 2022; Fushimi; Ribeiro; Nunes, 2022; Lisboa; Bezerra, 2023; Fushimi; Oliveira; Nunes, 2023; Lisboa; Bezerra; Andrade, 2024; Lisboa; Bezerra; Govêa, 2024).

As voçorocas citadas causam prejuízos materiais, riscos de vidas e danos irreversíveis aos recursos naturais de São Luís, necessitando de uma técnica eficiente e barata de recuperação, como a Bioengenharia de Solos, que é uma associação de técnicas que envolvem conhecimento interdisciplinar, fundamentando-se na utilização de materiais biodegradáveis, oriundos da natureza. O objetivo deste artigo é apresentar uma síntese dos resultados obtidos sobre o diagnóstico das erosões lineares na área urbana do município de São Luís, no período compreendido entre janeiro de 2014 e dezembro de 2023, enfatizando seus contextos geoambientais gerais e seus principais atributos físicos, com o intuito de propor medidas mitigadoras para sua recuperação, baseadas na bioengenharia de solos.

Metodologia

Considerando a temática abordada e o alcance dos objetivos propostos, foram executados os levantamentos bibliográficos e cartográficos, com o intuito de subsidiar o diagnóstico da erosão urbana aplicada à recu-

peração dessas áreas com técnica de bioengenharia de solos, baseando-se no entendimento dos fatores controladores (erodibilidade, erosividade, características da encosta, cobertura vegetal e uso e manejo do solo). Algumas publicações utilizadas como referencial teórico estão listadas no Quadro 1, com destaque às pesquisas Geomap, da Universidade Estadual do Maranhão (Uema), e Lagesolos, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

As análises de campo e de laboratório foram fundamentadas nos estudos de Blake e Hartge (1986); Bowes (1986); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2017, 2018), ligados às observações e às mensurações dos parâmetros controladores da erosão linear acelerada. Essas bibliografias fundamentam-se na análise dos atributos físicos (densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e granulometria) e matéria orgânica.

Levando-se em consideração a grande quantidade de processos erosivos encontrados no município em questão, selecionaram-se aquelas mais expressivas para análise dos solos: Torres 1, Torres 2, BR1, BR2. Sacavém, Vila Santana, Matadouro, Cemitério, Castelão e Santa Eulália. Após a identificação das feições erosivas, foram realizadas as coletas das amostras para análise laboratorial, as quais serão destacadas ao longo do texto. A coleta foi realizada com a utilização do martelo geológico, sendo as amostras transferidas para sacos plásticos identificados de acordo com os pontos da coleta.

Atividade de campo

As atividades de campo foram realizadas na área urbana do município de São Luís, no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2023, tendo como objetivo mapear, caracterizar e coletas amostras de solos nas voçorocas, com auxílio de um Sistema de Posicionamento Global (GPS Garmin) e Drone Mavic. Durante o período da pesquisa, as voçorocas foram identificadas em campo utilizando uma ficha de cadastramento de processos erosivos (Guerra, 2017) e suas propriedades e características pedológicas foram avaliadas e descritas por meio da ficha de campo de descrição morfológica dos solos (IBGE, 2015).

Quadro 1 – Publicações relacionadas aos processos erosivos no município de São Luís

Autoria	Título da pesquisa	Publicação
Bezerra *et al.* (2003)	*Proposta de recuperação em áreas degradadas por voçorocas na zona urbana do município de São Luís - MA*	Periódico
Mendonça *et al.* (2005)	*Study of rainfall rates and erosive processes at the urban area of São Luís - MA*	Periódico
Guerra *et al.* (2009)	*Erosão urbana e recuperação de áreas degradadas no município de São Luís - Maranhão.*	Periódico
Sathler *et al.* (2009)	*Caracterização de voçorocas na Ilha do Maranhão*	Periódico
Sathler (2010)	*Evolução das voçorocas na Ilha do Maranhão: uma abordagem pedogeotécnica para recuperação de áreas*	Tese
Bezerra (2011)	*Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão na bacia do rio Bacanga- São Luís - MA*	Tese
Bezerra (2013)	*Reabilitação de áreas degradadas por erosão São Luís / MA*	Capítulo
Lisboa *et al.* (2014)	*Análise morfológica das áreas degradadas por voçorocamento na bacia do rio Bacanga São Luís/MA*	Periódico
Bezerra; Guerra; Fullen 2016)	*Granulometria por difração à laser dos sedimentos superficiais nas áreas degradadas na bacia do Bacanga*	Capítulo
Sousa (2018)	*Análise de áreas degradadas por processos erosivos no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil, Maranhão*	Dissertação
Lisboa (2018)	*Processos erosivos por voçorocamento em linha de transmissão de energia no município de São Luís - MA*	Dissertação
Morais (2018)	*Impactos ambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do PEB São Luís -MA*	Dissertação
Fushimi *et al.* (2020)	*Caracterização físico-química de solo raso a desenvolvido (associação neossolo quartzarênico) e solo hidromórfico (associação gleissolo háplico): o contexto ambiental da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, São Luís-MA*	Periódico
Lima (2021)	*Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares na unidade hidrográfica do Tibirizinho: o caso da voçoroca, Rua do Poço, São Luís-MA*	Dissertação

Autoria	Título da pesquisa	Publicação
Andrade *et al.* (2022)	*Análise geomorfológica e processos erosivos acelerados na bacia hidrográfica do rio Tibiri, Ilha do Maranhão.*	Periódico
Fushimi, Ribeiro e Nunes (2022)	*Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros*	Periódico
Lisboa e Bezerra (2023)	*Análise das propriedades físicas dos processos erosivos acelerados na bacia do rio Bacanga: Torres e Cepromar*	Periódico
Guerra; Bezerra; Jorge (2023)	*Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo: estudo de caso voçoroca do Sacavém*	Periódico
Fushimi *et al.* (2023)	*Propriedades físicas do solo e cobertura e uso da terra como subsídio à compreensão dos processos erosivos lineares na bacia hidrográfica do rio dos Cachorros*	Periódico
Fushimi, Oliveira e Nunes (2023)	*Atribuição de pesos aplicada à vulnerabilidade ambiental à erosão linear: estudo de caso nas bacias hidrográficas dos Cachorros (São Luís-MA) e do córrego Timburi (Presidente Prudente-SP)*	Periódico
Lisboa, Bezerra e Govêa (2024)	*Mapeamento de áreas potenciais à erosão laminar na bacia hidrográfica do rio dos cachorros, São Luís - MA*	Periódico
Lisboa, Bezerra e Andrade (2024)	*Análise dos atributos do solo da voçoroca cemitério na bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís - MA*	Periódico

Fonte: organização de Lisboa e Bezerra (2024)

As atividades de campo também possibilitaram a coleta de amostras deformadas e indeformadas dos solos, com utilização do trado holandês e amostrador volumétrico, para análise no Laboratório de Geociências do Departamento de Geografia da universidade dos seguintes parâmetros: granulometria, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade e teor de matéria orgânica.

Devido às características geológicas dos grupos Barreiras e Itapecuru, e solos associados, que apresentam instabilidade nas bordas dos taludes das voçorocas, as coletas das amostras deformadas e indeformadas foram serão executadas a 1 metro de distância das suas bordas, iniciando-se a

5 metros a jusante da cabeceira e finalizando-se na "desembocadura" da feição erosiva. Utilizou-se também uma trena de 20 metros para marcar os cinco pontos de coleta com profundidades variando de 10, 30, 50, 80 e 100 cm em cada ponto das voçorocas selecionadas na área urbana de São Luís.

A medição da taxa de infiltração foi executada por meio do infiltrômetro de Hills (Guerra, 2017). Em campo, observaram-se ainda outros agentes que influenciam o início e desenvolvimento dos processos erosivos lineares, como os aspectos socioambientais relacionados à vulnerabilidade social das populações periféricas, o negligenciamento das políticas públicas de moradia e saneamento básico, conversar com a população que vive próximo às áreas e registro fotográfico. Os dados de precipitação em milímetro foram obtidos a partir das três estações meteorológicas localizadas nos municípios de São Luís, São José de Ribamar e Bacabeira.

Mapeamento temático

Para o mapeamento, processamento e espacialização dos dados referentes ao município de São Luís, utilizou-se o software ArcGIS for Desktop Advanced, versão 10.2, licença EFL999703439. A elaboração dos mapas de localização, declividade e hipsometria abrangeu a utilização das cartas topográficas da DSG/ME-Minter, [disponibilizadas na página do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão (ZEE/MA). O mapeamento das feições erosivas por voçorocamento foi executado por meio da interpretação preliminar nas imagens do Google Earth, com posterior checagem em campo com GPS Garmin e Drone Mavic, para elucidar algumas dúvidas que tivessem se originado a partir da interpretação.

Com base nas cartas topográficas, foram obtidas as curvas de nível com intervalo de 5 metros, utilizadas na elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE) e o mapa de declividade. Além destes, foram obtidos os limites municipais, hipsometria e solos do banco de dados de CPRM (2020); IBGE (2015); e Silva (2012). Estes materiais foram importantes documentos de apoio e serviram para a compreensão da localização de diversos elementos e aspectos geoambientais, adaptados conforme a escala do objeto de estudo.

Análise de laboratório

As análises das propriedades físicas dos solos coletados das áreas degradadas por erosão envolveram a determinação das seguintes propriedades, segundo o manual de análise dos solos da Embrapa (2017, 2018): granulometria, densidade do solo, densidade de partícula, porosidade e teor de matéria orgânica. Essas análises têm por objetivo, além da caracterização física dos sedimentos, auxiliar no diagnóstico das áreas degradadas existentes na área de estudo, que são visíveis nos topos e nas bordas dos tabuleiros, e repercutem de forma direta e indireta nas calhas fluviais e planícies fluviomarinhas. As análises foram realizadas no Laboratório de Geociências do Departamento de História e Geografia da Universidade Estadual do Maranhão.

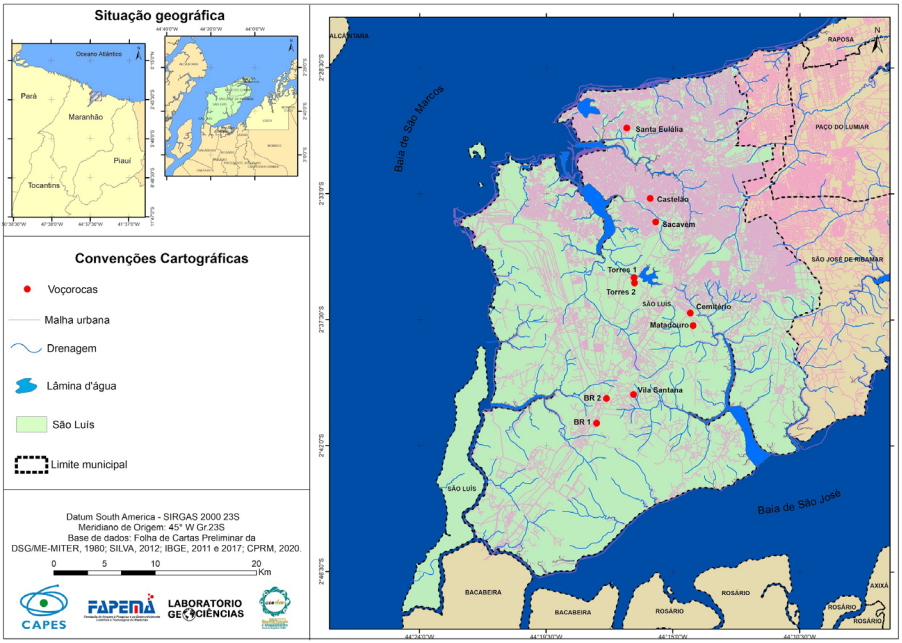
Diagnóstico das erosões urbanas no município de São Luís/MA

Localização e caracterização geoambiental

O município de São Luís (Figura 1) possui uma área de 583,063 Km², situado na mesorregião Norte Maranhense, microrregião Aglomeração Urbana de São Luís, entre as coordenadas 02º 28' 12" e 02º 48'09" de latitude sul, 44º10'18" e 44º35'37" de longitude oeste, tendo como limites: a leste, São José de Ribamar; a oeste, Baía de São Marcos; a norte, Oceano Atlântico; a oeste, Paço do Lumiar; e a sul, Estreito dos Mosquitos, com uma população de 1.037.775 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

A cidade de São Luís foi fundada pelos franceses em 1612, e teve como ponto inicial de expansão e desenvolvimento um promontório envolto pelos rios Bacanga e Anil, e expandiu-se em direção à leste, em virtude dos limites estabelecidos pelas drenagens em questão. São Luís, capital do estado, é a principal economia e mais populosa cidade maranhense. Para Diniz (1993), o crescimento demográfico de São Luís desenvolveu-se atrelado aos movimentos migratórios atraídos pela posição portuária privilegiada e de navegabilidade favorável, à implantação dos grandes projetos industriais da Companhia Vale do Rio Doce e do Consócio Alumar, que contribuiu como atrativo à expansão urbana da cidade sem planejamento e de grande parte especulativo.

Figura 1 – Localização da área urbana de São Luís e respectivas erosões lineares destacadas neste estudo



Fonte: Morais (2024)

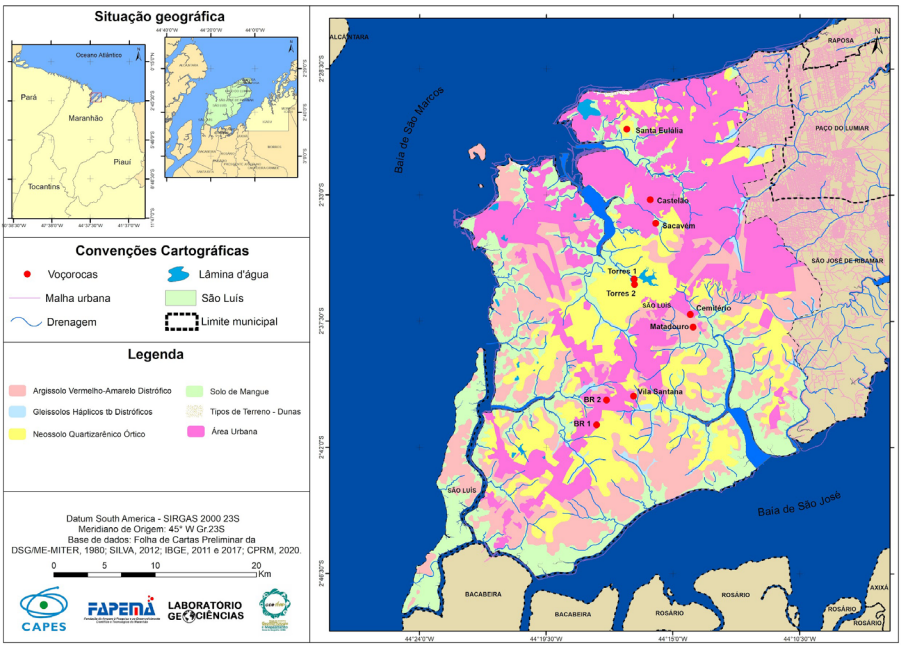
O processo histórico de ocupação desordenada do município de São Luís, e por consequência de toda a Ilha do Maranhão, resultou na pressão dos seus recursos naturais, notadamente, sua cobertura vegetal, pertencente ao Bioma Amazônico, a poluição e aterramentos das planícies fluviais e de marés, e exploração mineral dos solos e afloramentos rochosos, que culminou no quadro atual de degradação, principalmente no surgimento de feições erosivas de larga escala.

As interações dos diferentes geossistemas das unidades das paisagens do município pode ser compreendida pelos agentes de estruturação e esculturação do relevo, a partir dos sistemas atmosféricos atuantes na região [Massas de ar, os Ventos Alísios do Nordeste e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)], em que apresentam dois períodos distintos, chuvoso (com índices de 2200mm) pluviométricos e de estiagem (Uema, 2016).

Esses sistemas atmosféricos atuam sobre as formações geológicas superficiais das rochas sedimentares dos Grupos Barreiras (Neógeno) e Itapecuru (Cretáceo). Os solos em grande parte são resultantes do intem-

perismo químico e físico da rocha matriz, sendo provenientes das alterações dos folhelhos, siltitos, predominantemente arenosos com pequenos fragmentos grosseiros, composto pelos Argissolos Vermelho-Amarelo, Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos (Figura 2) (CPRM, 2020; Silva, 2012).

Figura 2 – Mapa de solos do município de São Luís



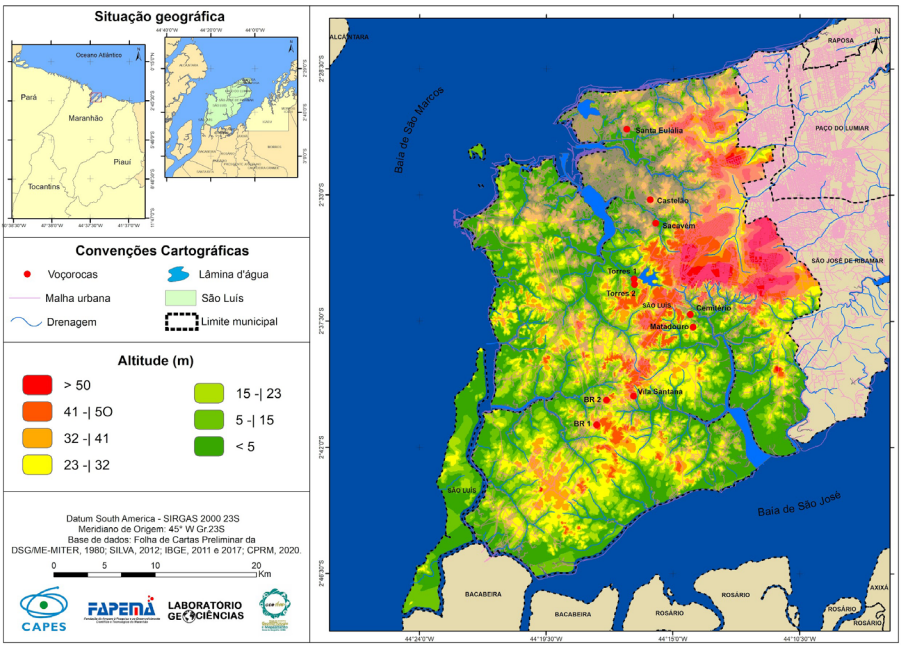
Fonte: Morais (2024)

A geomorfologia do município consiste em uma diversificação de compartimentos geomorfológicos que são herança das ações morfogenéticas do Neógeno e Quaternário. Dantas *et al.* (2013) destacam que o relevo é caracterizado por um conjunto de superfícies tabulares desdobradas, de forma complexa, em diferentes cotas altimétricas, alçadas por processo diferencial de soerguimento tectônico pós-cretáceo da Bacia Sedimentar do Parnaíba e delineadas por ação de diferentes eventos de aplainamento regional.

A característica do relevo de São Luís/MA, inserido no domínio geomorfológico do Golfão Maranhenses, é representada por formas de relevo deposicionais e/ou agradacionais (Planícies Flúvio-marinhas,

Planícies Marinhas, Campos de Dunas Fixas (paleodunas), Campos de Dunas Móveis, Planícies Fluviais e Lacustres e Planície Lamosa), e formas erosivas ou denudacionais (Tabuleiros, colinas dissecadas e Tabuleiros Dissecados) (CPRM, 2020). As maiores cotas altimétricas estão localizadas no tabuleiro central da Ilha do Maranhão, chegando a 65 m; as menores localizam-se nas planícies de maré dos rios Anil, Bacanga e Tibiri (Figura 3).

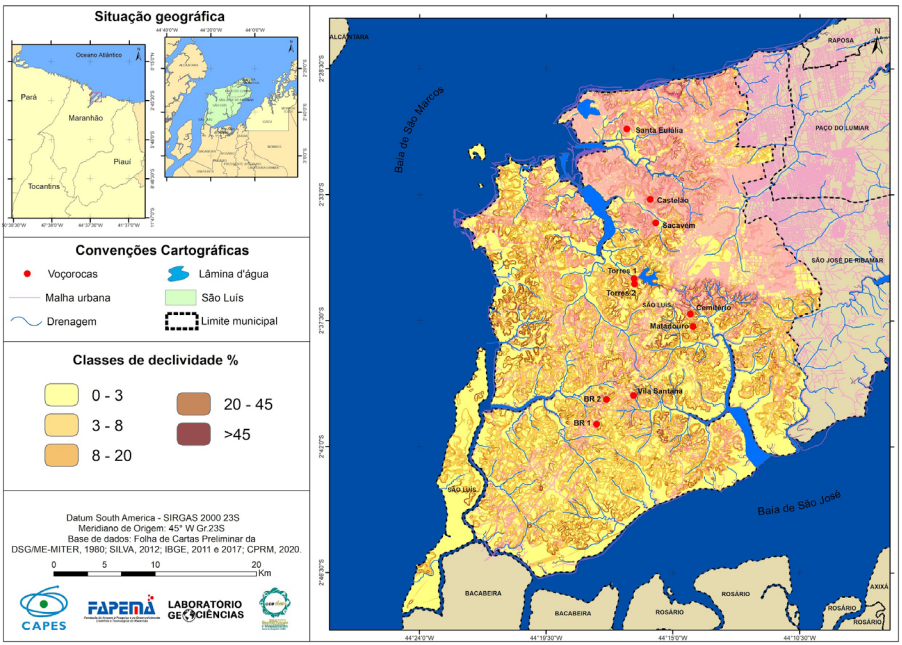
Figura 3 – Mapa hipsométrico do município de São Luís



Fonte: Morais (2024)

As maiores declividades estão localizadas nas bordas dos tabuleiros costeiros, com valores superiores a 45%, e nas vertentes das colinas, situadas principalmente nos interflúvios dos principais rios do município, com média entre 20% e 45% de declividade (Figura 4). As características climáticas e pedológicas, somadas às baixas altimetrias e declividades, e expansão urbana especulativa, contribuíram para o início de desenvolvimento das erosões lineares de grande escala do município de São Luís.

Figura 4 – Mapa de declividade do município de São Luís



Fonte: Morais (2024)

Diagnóstico da erosão urbana no município de São Luís

O sucesso de uma obra de recuperação de áreas degradadas por voçorocamento com técnicas de bioengenharia de solos depende de um correto diagnóstico, a partir da determinação das suas características geoambientais, da descrição das propriedades físicas, da compreensão das interrelações entre as agentes pluviométricos e dinâmicas hidrológicas dos solos degradados. Por conseguinte, serão apresentados os principais resultados obtidos nas voçorocas Torres 1, Torres 2, Castelão, Sacavém, Cemitério, Vila Santana, Matadouro, Santa Eulália, BR1 e BR2 da área objeto de estudo.

As voçorocas Torres 1 e Torres 2 (Figura 5, A e B) estão localizadas no Parque Estadual do Bacanga, na região central da área urbana de São Luís, associadas a implantação das Torres de Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte), por meio do desmatamento ocasionado pela construção das bases e fundações das torres e abertura de novos acessos.

A voçoroca Castelão (Figura 5, C) situa-se no Complexo Poliesportivo do Complexo Castelão, bairro Outeiro da Cruz, originada no processo de construção de taludes e constantes queimadas que ocorrem na região. Este bairro teve sua origem ligada à lenda da Senhora de Guaxemduba, que aparecera toda vestida de branco no Outeiro da Cruz, em socorro dos soldados portugueses, já no tempo das batalhas contra os holandeses — ocasião em que distribuiu areia (quando lhes faltara a pólvora), que se transformava miraculosamente em explosivo, garantindo a vitória dos lusos contra o inimigo.

A voçoroca Sacavém (Figura 5, D), localizada no bairro do Sacavém, também está associada à construção das Torres da Eletronorte, como também à intensa atividade de extração mineral ilegal, até mesmo pela própria população local, que a utiliza para a construção de suas residências. Essa feição está disposta na cabeceira de drenagem na margem direita do rio das Bicas, que compõe a bacia do Bacanga.

Figura 5 – Voçorocas na área urbana do município de São Luís: A. Torres 1; B. Torres 2; C. Castelão; D. Sacavém

Fonte: Bezerra (2024)

As voçorocas do Cemitério, Vila Santana e Matadouro (Figura 6) estão localizadas na parte centro-leste do município de São Luís, sendo oriundas do processo de desmatamento decorrente da expansão urbana observada nas últimas décadas na periferia, somado à extração mineral de areia ilegal para a construção civil e à ausência da efetivação de políticas públicas habitacionais e de saneamento básico. A voçoroca do cemitério localiza-se próximo ao maior cemitério da região; enquanto a Matadouro, próximo à antiga região industrial de abate de bovinos de São Luís. A voçoroca da Vila Santana foi denominada em homenagem à vila com mesmo nome, e apresenta alta vulnerabilidade social.

Figura 6 – Voçorocas na área urbana do município de São Luís: A. Cemitério; B. Cemitério; C. Vila Santana; D. Matadouro

A e B Voçorocas do cemitério, Matadouro e Santana (D)

Fonte: Bezerra (2024)

A voçoroca Santa Eulália (Figura 7, A e B), situada às margens da Via Expressa, na área central e mais valorizada economicamente do município

de São Luís, local dos principais shopping, universidades particulares e unidades administrativas do estado do Maranhão. O Sítio Santa Eulália é uma Reserva Florestal, pressionada pela especulação imobilizada da década de 80 do século passado, que culminou no desmatamento para a construção de um Conjunto Habitacional, mas que foi embargado na época. As voçorocas BR1 e BR2 (Figura 7, C e D) situam-se às margens da BR-135, principal via de acesso ao município de São Luís.

Figura 7 – Voçorocas na área urbana do município de São Luís: A. Santa Eulália; B. Santa Eulália; C. BR1; D. BR2

Fonte: Bezerra (2024)

A classificação das voçorocas da área urbana do município de São estão sintetizadas no Quadro 2, de acordo com sua gênese, formato da seção transversal, tipo de conexão com a rede de drenagem e forma (Oliveira, 1989, 2015; Vieira, 2008). A gênese das voçorocas na área de estudo está relacionada ao processo de implantação de empreendimentos como a linha de transmissão da Eletronorte, por exemplo, que resultou na retirada da cobertura vegetal que protegiam os solos. O formato da seção transversal

variou entre U e V, indicando as variações nas resistências dos solos, principalmente os Neossolo Quartzarênico e Argissolo Vermelho-Amarelo. Em relação ao tipo de voçoroca (Oliveira, 1989), predominantemente foram classificadas como desconectadas da rede de drenagem, com exceção das voçorocas Torres 2 e Vila Santana. As formas das voçorocas variaram entre linear, bifurcada, retangular, ramificada e retangular.

Quadro 2 – Classificação das voçorocas da área urbana do município de São Luís de acordo com (Oliveira, 1989, 2015; Vieira, 2008)

Voçorocas	Gênese	Seção	Tipo	Forma	Fotografia
Torres 1	Desmatamento/ Linha de transmissão de energia elétrica	U	Desconectada da rede de drenagem	Linear	
Torres 2	Desmatamento/ Linha de transmissão de energia elétrica	V	Conectada com a rede de drenagem	Bifurcada	
BR1	Desmatamento às margens da BR-135, retirada de material para a construção civil	V	Desconectada da rede de drenagem	Retangular	
BR2	Desmatamento às margens da BR-135, retirada de material para a construção civil	U	Desconectada da rede de drenagem	Irregular	
Sacavém	Retirada de material construção civil, ocupação irregular e desmatamento — Torre da Eletronorte	V	Desconectada da rede de drenagem	Ramificada	

Voçorocas	Gênese	Seção	Tipo	Forma	Fotografia
Vila Santana	Desmatamento expansão urbana	V	Conectada com a rede de drenagem	Ramificada	
Matadouro	Desmatamento/ pasto degradado	V	Desconectada da rede de drenagem	Ramificada	
Cemitério	Expansão urbana sem planejamento, desmatamento	U	Desconectada da rede de drenagem	Ramificada	
Castelão	Erosão em áreas de depósito tecnogênico, retaludamento e desmatamento	U	Desconectada da rede de drenagem	Retangular	
Santa Eulália	Loteamento habitacional, construção da via expressa	U	Desconectada da rede de drenagem	Ramificada	

Fonte: Lisboa e Bezerra (2024)

No tocante aos subprocessos (Oliveira, 2015) identificados no interior das voçorocas em estudo, foram (Figura 8): 1) **Alcova de regressão**, que são feições erosivas que podem ocorrer em diferentes condições climáticas e litológicas, tanto por escoamento superficial (filetes subverticais) quanto por exfiltração do lençol freático ou também pela combinação de ambos. 2) **Pedestais** (demoiselles): são feições comuns nas superfícies erodidas e relacionados à erosão por salpicamento e ao escoamento superficial difuso, cuja formação se dá geralmente quando um material mais resistente (grânulos, seixos, folhas e outros) dificulta a ação da erosão por salpicamento, esculpindo formas residuais. 3) **Escamamento**: oriundo do acúmulo de material fino (areia fina ou muito fina) sobre superfície mais resistente, cujo transporte ocorre por meio de fluxos laminares verticais

e subverticais. 4) **Costelas**: feições de detalhes que demonstram algum tipo de resistência ao cisalhamento, são produzidas pela ação de filetes subverticais ou pela ação de exfiltração do lençol freático.

Figura 8 – Subfeições identificadas nas voçorocas na área urbana do município de São Luís: A. Alcova de regressão; B. Escamamento; C. Pedestais; D. Costelas

Alcovas de regressão na voçoroca da Vila Industrial

Fonte: Bezerra (2024)

Atributos físicos das voçorocas da área urbana de São Luís

Os atributos físicos dos solos das voçorocas da área urbana do município de São Luís demonstraram que os solos são frágeis e altamente suscetíveis à erosão, e são reflexos da textura, da estrutura e das práticas de manejo adotadas. A classe textural predominante variou entre areia franca e franco-arenosa, com exceção da voçoroca Torres 2, que apresentou a fração granulométrica de franco-argilosa (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise granulométrica das voçorocas da área urbana de São Luís

Voçorocas	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Classe Textural
Torres 1	13,41	4,89	77,56	Franco-Arenosa
Torres 2	25,33	52,85	21,81	Franco-Argilosa
BR1	6,05	6,05	80,59	Areia Franca
BR2	13,28	9,76	76,98	Areia Franca
Sacavém	3,19	11,20	85,96	Areia Franca
Vila Santana	15,63	2,33	82,02	Areia Franca
Matadouro	20,14	45,35	31,07	Franca
Cemitério	8,33	14,98	77,41	Franco-Arenosa
Castelão	17,66	8,79	70,51	Franco-Arenosa
Santa Eulália	6,59	19,39	74,02	Franco-Arenosa

Fonte: organização de Lisboa e Bezerra (2024)

A densidade dos solos das voçorocas Torres I e Torres II variou de 1,69 g/cm³ a 1,51 g/cm³; sua densidade de partículas, entre 2,71 g/cm³ e 2,79 g/cm³; E sua porosidade, entre 39,09% e 43,89%, indicando solos compactados, baixa capacidade de infiltração e com baixo teor de matéria orgânica. A voçoroca Sacavém apresentou a densidade do solo de 1,69 g/cm³; a densidade de partículas de 2,70g/cm³; enquanto a porosidade máxima foi de 37,08%. A taxa de infiltração foi de 41,10 ml/min; e o teor de matéria orgânica, de apenas 0,32%.

As voçorocas BR1 e BR 2 demonstram solos compactados, com a densidade variando entre 1,51 g/cm³ e 1,62 g/cm³. Em relação à porosidade, o menor valor é de 33% na voçoroca BR2 e de 37,7% na feição erosiva BR1. As taxas de infiltração variaram de 40,82% (BR2) a 74,57% (BR1), e com baixo teor de matéria orgânica, de apenas 0,70%.

A densidade do solo na voçoroca Castelão é de 1,61 g/cm³ e 1,69 g/cm³ na Santa Eulália, e esses valores indicam um solo com alto grau de compactação; tendo como densidade de partículas 2,41 g/cm³ e 2,60 g/cm³; e porosidade de 29,98% e 32,18%.

Os valores de densidade do solo das voçorocas Vila Santana e Matadouro variaram de 1,50 g/cm³ a 1,62 g/cm³, a densidade de partículas variou

entre os limites 2,62 g/cm^3 e 2,68 g/cm^3. Em relação à porosidade, o valor mínimo é de 44,24% na voçoroca Vila Santana, e máximo de 45,34 % em Matadouro. A voçoroca Cemitério demonstrou uma densidade do solo de 1,82 g/cm^3, indicando um solo bem compactado; tendo como densidade de partículas 2,74 g/cm^3; e porosidade de 33% (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise dos atributos físicos das voçorocas da área urbana de São Luís

Voçorocas	Densidade do solo (g/cm^3)	Densidade de partículas (g/cm^3)	Porosidade (%)
Torres 1	1,69	2,79	39,09
Torres 2	1,51	2,71	43,89
BR1	1,62	2,66	37,4
BR2	1,51	2,56	33
Sacavém	1,69	2,70	37,08
Vila Santana	1,50	2,62	44,24
Matadouro	1,62	2,68	45,34
Cemitério	1,82	2,74	33
Castelão	1,61	2,41	29,98
Santa Eulália	1,69	2,60	32,18

Fonte: organização de Lisboa e Bezerra (2024)

Bioengenharia de solos e recuperação de áreas degradadas

A bioengenharia de solos é uma técnica de recuperação de áreas degradadas mais apropriada para o sítio urbano de São Luís, devido a simplicidade de aplicação, grande disponibilidade de matéria-prima vegetal, custo reduzido quando comparado ao da engenharia tradicional e geração de rendas na produção de biomantas (Geotêxtil biodegradável) em comunidades vulneráveis. Além dessas vantagens, o seu processo de biodegradação pode garantir o retorno da atividade microbiológicas aos solos degradados (Bezerra, 2006, 2011).

A bioengenharia de solos foi aplicada na recuperação da voçoroca do Sacavém, área urbana de São Luís, em duas diferentes fases: A) Moni-

toramento de parcelas de erosão com biomantas de fibra de buriti; e B) Aplicação dos geotêxteis nos taludes da voçoroca do Sacavém. As duas fases foram complementares e demonstraram a eficiência da bioengenharia de solos no controle da erosão laminar e suporte para o desenvolvimento da vegetação.

A estação experimental foi construída na área urbana do município de São Luís, constituída por quatro parcelas de 10 m², com 20º de declividade, com réplicas para cada tratamento: solo exposto (SEa, SEb) e geotêxtil de buriti (GEa, GEb). As calhas e os galões (100 l) foram dispostos na base das parcelas, com a finalidade de mensurar o escoamento superficial e a perda de sedimentos. O monitoramento foi realizado entre meses de fevereiro e junho de 2009, durante o período chuvoso da região (Figura 9).

Figura 9 – Estação experimental com técnicas de bioengenharia de solos na área urbana do município de São Luís

A. Estação experimental e tensiômetros; B. Erosão por salpicamento após evento chuvoso; C. Germinação da vegetação; D. Desenvolvimento da cobertura vegetal após dois meses do início do monitoramento.

Fonte: Bezerra (2024)

Os resultados obtidos na estação experimental indicaram a eficiências das biomantas na contenção dos sedimentos e "abrigo" para a germinação e desenvolvimento da cobertura vegetal. Para um total de 2.067 mm de chuvas registradas no pluviômetro com *datalog* durante o período de monitoramento, as parcelas com geotêxteis de buriti geraram em média 6,73 litros e perderam 8,25 g/m² de sedimentos, enquanto as parcelas com solo exposto geraram em média 15,96 litros e perderam 141,64 g/m², 16 vezes mais sedimentos que as parcelas com os geotêxteis (Tabela 3).

Tabela 3 – Dados de escoamento superficial e perda de sedimentos na estação experimental

Parcelas	Variáveis	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Geotêxteis	**Sedimentos**	8,25 g/m²	99,55 g/m²	0,43 g/m²	741,07 g/m²
	Escoamento	6,73 l	35,23 l	0,95 l	140,00 l
Solo exposto	**Sedimentos**	141,64 g/m²	209,67 g/m²	5,50 g/m²	1358,14 g/m²
	Escoamento	15,96 l	39,03 l	5,83 l	195 l

Fonte/Organização: Bezerra (2024).

A aplicação dos geotêxteis de buriti para a recuperação dos taludes da voçoroca do Sacavém foi dividida em três etapas: 1) Desenvolvimento de programa de educação ambiental e oficinas de produção dos geotêxteis de buriti; 2) Fixação das paliçadas de madeira na base da encosta e aplicação de fertilizantes naturais e grampos para fixação dos geotêxteis; e 3) Monitoramento e manutenção das obras de recuperação com a bioengenharia de solos (Figura 10).

Figura 10 – Recuperação da voçoroca da Salina do Sacavém com técnicas de bioengenharia de solos na área urbana do município de São Luís

Foto 02 – Retaludamento realizado pelos trabalhadores da comunidade do Sacavém/Salina. Autor: Fernando Bezerra, 2008.

A. Retaludamento das encostas; B. Aplicação das biomantas e adubo natural; C. Área recuperada após um mês de aplicação; D. Construção de casas no leito da voçoroca recuperada após 14 anos.

Fonte: Bezerra (2024)

Considerações finais

Os resultados alcançados durante os últimos anos de pesquisa sobre o diagnóstico das erosões urbanas do município de São Luís demonstraram que as características geoambientais da área de estudo, como as características climáticas intrínsecas da Zona de Convergência Intertropical, com alta precipitação pluviométrica concentrada em seis meses do ano, solos friáveis provenientes dos Grupos Itapecuru e Barreira, mais o processo de expansão urbana sem planejamento e de caráter especulativo, que culminou na supressão da cobertura arbórea original, deixando os solos e os regolitos expostos à ação dos agentes intempéricos, deixaram a área de estudo com elevada fragilidade ambiental em face do surgimento e desenvolvimento dos processos erosivos de larga escala.

Os atributos dos solos indicaram uma alta densidade na superfície, sinalizando a compactação com presença de crostas, que selam os polos existentes e dificultam a infiltração da água no solo, e facilitando a geração do escoamento superficial. Os solos das erosões lineares selecionadas foram classificados com a textura franco-arenosa e com baixo teor de matéria orgânica, convergindo para uma a alta suscetibilidade dos solos à erosão, o que pode ser comprovado com mais de 50 voçorocas mapeadas em toda a Ilha do Maranhão.

A identificação desses agentes responsáveis pelo surgimento e desenvolvimento de erosões lineares é cada vez mais necessária para uma recuperação ambiental mais efetiva. A bioengenharia de solos pode ajudar a reverter toda essa situação de degradação dos solos da capital maranhense, pois é uma técnica de recuperação barata, efetiva e sustentável. Nesse sentido, essa técnica visa à participação das comunidades mais socialmente vulneráveis no processo de recuperação, desde o programa de educação ambiental, passando pela geração de renda na produção e aplicação das biomantas nas encostas degradadas.

A voçoroca da Sacavém, após dez anos de recuperação, com a técnica de bioengenharia de solos tornou-se novamente uma área útil à comunidade, servindo como nova área de construção residencial. Após a recuperação das demais voçorocas, outras práticas devem ou podem ser incentivadas, como as hortas urbanas, por exemplo.

Agradecimentos

Sem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes; Processo AUXPE 1547/2024), este projeto não seria possível.

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/Unesp) o apoio e fomento do projeto.

Referências

ANDRADE, L. A. *et al.* Análise geomorfológica e processos erosivos acelerados na bacia hidrográfica do rio Tibiri, Ilha do Maranhão. **Formação (Online)**, [*S. l.*], v. 29, n. 54, p. 593-618, 2022.

BARBOSA, W. C. S.; LIMA, I. M. M. F.; GUERRA, A. J. T. Análise multivariada da voçoroca urbana localizada na porção sul da bacia hidrográfica do baixo rio Parnaíba. **William Morris Davis**: Revista de Geomorfologia, Sobral, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2021.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2006.

BEZERRA, J. F. R. **Avaliação de geotêxteis no controle da erosão superficial a partir de uma estação experimental, Fazenda do Glória – MG**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

BEZERRA, J. F. R. **Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia de solos na bacia do rio Bacanga, São Luís – MA**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BEZERRA, J. F. R. Reabilitação de áreas degradadas por erosão em São Luís / MA. *In:* JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, p. 31-60.

BEZERRA, J. F. R *et al*. Proposta de recuperação em áreas degradadas por voçorocas na zona urbana do município de São Luís – MA. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 1-5, 2003.

BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. Granulometria por Fração a Laser dos Sedimentos Superficiais nas Áreas Degradadas por Voçorocamento na bacia do rio Bacanga. *In:* CASTRO, C. E.; MASULLO, Y. A. G. (org.). **Gestão Ambiental, uma diversificada ferramenta na consolidação de paradigma ecológico inovador**. São Luís: EDUEMA, 2016. p. 9-30.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. *In*: KLUTE, A. (ed.). **Methods of soil analysis**: physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375.

BOWES, J. A. **Engineering properties of soils and their measurements**. 3. ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1986.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Geodiversidade da Ilha do Maranhão**. Organização de José Sidiney Barros e Íris Celeste Nascimento Bandeira. Teresina: CPRM, 2020. il.

DANTAS, M. E.; SHINZATO; E.; BANDEIRA, I. C. N.; VARGAS, L.; RENK, J. F. C. Compartimentação geomorfológica. *In*: BANDEIRA, I. C. N. (org.). **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina: Serviço Geológico do Brasil, CPRM, 2013. p. 31-62.

DINIZ, Juarez Soares. A expansão e organização do espaço urbano em São Luís (MA).1980/1990: uma abordagem sistêmica. 1993. **Monografia** (Especialização em Planejamento Ambiental). Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos e análises do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa; SNLCS, 2017.

FUSHIMI, M.; OLIVEIRA, R. C.; LISBOA, G. S.; FERREIRA, B. S.; SILVA, P. Z. F.; NUNES, J. O. R. Caracterização físico-química de solo raso a desenvolvido (associação neossolo quartzarênico) e solo hidromórfico (associação gleissolo háplico): o contexto ambiental da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, São Luís-MA. **Brazilian Geopraphical Journal**, Uberlândia, v. 11, p. 4-18, 2020.

FUSHIMI, M.; OLIVEIRA, R. C.; NUNES, J. O. R. Atribuição de pesos aplicada à vulnerabilidade ambiental à erosão linear: estudo de caso nas bacias hidrográficas do rio dos Cachorros (São Luís-MA) e do córrego Timburi (Presidente Prudente-SP). **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 27, p. 1-23, 2023.

FUSHIMI, M.; OLIVEIRA, R. C.; NUNES, J. O. R. Propriedades físicas do solo e cobertura e uso da terra como subsídio à compreensão dos processos erosivos lineares na bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, Amazônia Maranhense. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 17, p. 205-227, 2023.

FUSHIMI, M.; RIBEIRO, D. Q.; NUNES, J. O. R. Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, Amazônia Oriental. **Revista do Departamento de Geografia [da] USP**, São Paulo, v. 42, p. 1-16, 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 15. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2017. p. 149-209.

GUERRA, A. J. T. *et al.* Erosão dos solos, diferentes abordagens e técnicas aplicadas em voçorocas e erosão em trilhas. **William Morris Davis**: Revista de Geomorfologia, Sobral, v. 1, p. 75-117, 2020.

GUERRA, A. J. T. *et al.* Erosão urbana e recuperação de áreas degradadas no município de São Luís – Maranhão. **Revista de Geografia**, Recife, v. 26, p. 85-135, 2009.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. DO C. O. Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo – estudo de caso da voçoroca do Sacavém – São Luís – MA. v. 24 n. 00 (2023): Número Especial – Voçorocas: processos, métodos de estudo e de controle. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, p. 1 a 20, 2023.

HANTOULI, F. A.; AWAWDEH, M.; OBEIDAT, M. Soil erosion prioritization of Yarmouk River basin, Jordan using multiple approaches in a GIS environment. **Water Resources Management and Sustainability**, Switzerland v. 121, p. 291-318, 2023.

IBGE. **Dados censitários do município de São Luís**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 18 abr. 2024.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

LIMA, I. L. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares na unidade hidrográfica do Tibirizinho**: o caso da voçoroca Rua do Poço, São Luís-MA. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2021.

LISBOA, G. S. **Processos erosivos por voçorocamento em linha de transmissão de energia no município de São Luís – MA**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

LISBOA, G. S. *et al.* Análise morfológica das áreas degradadas por voçorocamento na bacia do rio Bacanga -São Luís/MA. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 10, p. 15-20, 2014.

LISBOA, G. S.; BEZERRA, J. F. R. Análise das propriedades física do solo dos processos erosivos acelerados na bacia do rio Bacanga: o caso das voçorocas Torres e Cepromar. **Revista Contexto Geográfico**, Alagoas, v. 8, p. 63-77, 2023.

LISBOA, G. S.; BEZERRA, J. F. R.; ANDRADE, L. A. Análise dos atributos do solo da voçoroca cemitério na bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/Maranhão. **William Morris Davis Revista de Geomorfologia**, Sobral, v. 5, p. 48-62, 2024.

LISBOA, G. S.; BEZERRA, J. F. R.; GOVÊA, K. V. Mapeamento de áreas potenciais à erosão laminar na bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, São Luís- Maranhão. **Revista Contexto Geográfico**, Alagoas, v. 9, p. 317-325, 2024.

MENDONÇA, J. K. S. *et al.* Study of rainfull rates and erosive processes at the urban area of São Luís – MA. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. especial, p. 192-201, 2005.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social**: teoria método e criatividade. 16. ed. Petrópolis: Vozes, 2000.

MORAIS, M. S. **Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação**: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

MORGAN, R. P. C. **Soil conservation**: problems and prospects. New York: Ed. John Wily & Son, 1981.

OLIVEIRA, M. A. T. Erosion disconformities and gully morphology: a three-dimensional approach. **Catena**: An Interdisciplinary Journal of Soil Science Hydrology – Geomorphology, W. Germany, v. 16, p. 413- 423, 1989.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 57-99.

LE ROUX, J.; MORAKE, L.; VAN DER WAAL, B.; LEIGH ANDERSON, R.; HEDDING, D. W. Intra-gully mapping of the largest documented gully network in South Africa using UAV photogrammetry: implications for restoration strategies. **Progress in Physical Geography**: Earth and Environment, Edinburgh v. 46, n. 5, p. 772-789, Oct. 2022.

SATHLER, R. **Evolução de voçorocas na Ilha do Maranhão**: uma abordagem pedogeotécnica para recuperação de áreas degradadas. 2010. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SATHLER, R. *et al.* Caracterização de voçorocas na Ilha do Maranhão. **Anuário do Instituto de Geociências [da] UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 32, p. 34-45, 2009.

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

SOUSA, P. R. **Análise de áreas degradadas por processos erosivos no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil, Ilha do Maranhão**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UEMA São Luís, 2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO. Núcleo Geoambiental. **Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão**. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM)**: principais fatores controladores e impactos urbanos-ambientais. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

POSFÁCIO

Ao concluir a leitura da obra, ficamos diante de uma questão fundamental: os desafios e as possibilidades de recuperação de áreas degradadas.

O livro é um convite à reflexão sobre o papel dos estudos acadêmicos no oferecimento de ferramentas teóricas e práticas visando não apenas à análise das relações entre a sociedade e a natureza e das suas dinâmicas e processos, mas também à necessidade de tomadores de decisão e comunidade agirem para que as áreas degradadas sejam urgentemente recuperadas.

Ao longo dos capítulos, os autores nos conduzem por caminhos que articulam teoria e prática, revelando a complexidade das interações humanas com o meio físico e enfatizando a importância de abordagens integradas.

O livro nos apresenta perspectivas diversificadas que consideram desde os aspectos científicos da degradação ambiental até as implicações da concepção de natureza utilizada no modo de produção capitalista, que a considera apenas como um recurso a ser explorado.

Nesse sentido, a ciência geográfica aparece como uma possibilidade interpretativa fundamental para que as relações entre a sociedade e a natureza sejam entendidas na complexidade do mundo atual. Assim, os aspectos físicos são articulados a conteúdos sociais, resultando na compreensão da produção do espaço geográfico de diferentes áreas apresentadas nos estudos de caso que compreendem os capítulos.

Nos capítulos, destaca-se a relevância das práticas que ilustram como a recuperação de áreas degradadas pode ser um processo transformador, não apenas para o ambiente, mas também para as pessoas que dele dependem.

Desta forma, os resultados alcançados pelo conjunto de estudos que compõem a obra são fundamentais para o avanço do conhecimento na ciência geográfica. Permitem compreender que a recuperação de áreas degradadas é um desafio contínuo que requer comprometimento, inovação e, acima de tudo, uma mudança de paradigma na forma como se produz o espaço. Afinal, a recuperação de áreas degradadas não é apenas uma questão ambiental, é também uma oportunidade de transformação social.

Este livro torna-se, portanto, imprescindível para todos os que se dedicam aos estudos ambientais e que estão cientes dos desafios atuais para a construção de um mundo mais sustentável e menos desigual.

Presidente Prudente, outubro de 2024.

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim
Professora assistente doutora da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a todas e todos que, com seu empenho e dedicação, colaboraram e contribuíram para a realização deste trabalho. A cada autora e autor que dedicou seu tempo e conhecimento, transformando este livro em uma rica coletânea de perspectivas e pesquisas em diferentes áreas da ciência que se preocupam com a questão ambiental, nosso sincero agradecimento.

Agradecemos ao professor João Vitor Gobis Verges o prefácio, que, com sua reflexão crítica, apresenta um diagnóstico pungente sobre a crise ambiental global e a urgência de repensarmos nossas práticas em relação ao ambiente.

Agradecemos também à professora Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim a reflexão final no posfácio, que nos guiou a perceber a complexidade da questão da recuperação das áreas degradadas e o papel fundamental da Geografia nesse processo transformador.

Agradecemos ainda ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Presidente Prudente o suporte acadêmico e institucional essencial ao desenvolvimento deste projeto.

Este trabalho foi viabilizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes), por meio do financiamento concedido no Processo AUXPE 1547/2024. Sem esse apoio, a concretização desta obra não teria sido possível.

Por fim, nossos agradecimentos à nossa família e aos amigos, que sempre estiveram ao nosso lado, oferecendo apoio emocional e incentivo durante todo o processo de construção deste livro.

SOBRE OS AUTORES

Alessandro Donaire de Santana

Doutor em Geografia pela Unesp (2022), com mestrado (2017), licenciatura (2010) e bacharelado (2011) na mesma área e instituição. Realiza pós-doutorado na FCT/Unesp com apoio Capes. Pesquisa relação Sociedade-Natureza, uso do solo rural, erosões, bioengenharia, (neo) extrativismo, *fracking* e bioenergia no setor sucroenergético no contexto do desenvolvimento (in)sustentável. Possui experiência como docente na Educação Básica II e ensino superior.

Orcid: 0000-0002-1626-4751

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

Doutor em Geografia Física pela Ufsc (2008), mestre em Geografia pela Ufsc (1998) e graduado em Geografia pela Ufam (1995). Atualmente, é professor associado da Ufam, onde coordena os Laboratórios Latossolo e Lages e lidera o Grupo de Pesquisa Geografia Física da Amazônia. Foi chefe do Departamento de Geografia e editor da *Revista Geonorte*. Possui experiência em Geociências, com ênfase em Geografia Física, atuando em temas como voçorocas, impactos ambientais, movimentos de massa e solos, com foco em geomorfologia e recuperação de áreas degradadas.

Orcid: 0000-0002-9416-8765

Antônio José Teixeira Guerra

Doutor em Erosão de Solos pela University of London, com pós-doutorado na Universidade de Oxford e na Universidade de Wolverhampton. Mestre e graduado em Geografia pela UFRJ. Atualmente, é professor titular na UFRJ. Tem experiência em Geociências, com ênfase em Geomorfologia, trabalhando em temas como erosão dos solos, movimentos de massa, recuperação de áreas degradadas e gestão ambiental. Recentemente, pesquisa também sobre geoconservação, geodiversidade e geoturismo, projetos desenvolvidos no Lagesolos, laboratório que coordena.

Orcid: 0000-0003-2562-316X

Antonio Manoel dos Santos Oliveira

Doutor (1994) e mestre (1980) em Geologia pela USP, onde também se graduou em Geologia (1967). Pesquisador independente e consultor em Geologia Ambiental, foi pesquisador do IPT (1968-1996) e professor titular na Universidade Guarulhos (1999-2015). Atua em Geologia de Engenharia e Ambiental, com pesquisas sobre Tecnógeno e Antropoceno. Seu foco está nos processos geológicos de superfície, como erosão, assoreamento e movimentos de massa, além da elaboração de cartas geotécnicas e de risco.

Orcid: 0000-0003-3666-846X

Armando Brito da Frota Filho

Doutor em Geografia pela UFRJ, mestre e graduado em Geografia pela Ufam. Tem experiência em Geografia Física, com ênfase em Geomorfologia e Pedologia, atuando em temas como bacias hidrográficas, processos erosivos, vulnerabilidade erosiva, impactos ambientais e mudanças da paisagem. Atualmente, é professor formador no RCFC da Semed/Manaus e idealizador do projeto "Quartas no Lagesolos", voltado à divulgação científica, com entrevistas sobre temas geográficos e avanços na área, em parceria com Hugo Alves Soares Loureiro.

Orcid: 0000-0002-6133-7788

Bartolomeu Israel de Souza

Tem pós-doutorado em Biogeografia pela Universidad de Sevilla (2013 e 2021), é doutor em Geografia pela UFRGS (2008), mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (1999) e graduado em Geografia pela UFPB (1995). Professor associado na UFPB, atua nos cursos de graduação e pós-graduação em Geografia, Biologia e Engenharia Ambiental. Pesquisador do CNPq, trabalha com Geografia Física e Meio Ambiente, com foco em desertificação, manejo de solos, interação planta-microclima-solo e Biogeografia da caatinga.

Orcid: 0000-0003-2173-8314

Caio Augusto Marques dos Santos

Doutor (2014) e mestre (2009) em Geografia pela Unesp de Presidente Prudente, onde também se graduou em Geografia (2006). Professor na Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), leciona na graduação e pós-graduação em Geografia. Integra redes de pesquisa como "Qualidade

Ambiental Urbana" (Gaia/Unesp), Agetea/UFR, Gepda/UFU e Detran/Unesp. Atua em Geotecnologias Aplicadas à Análise e Gestão Ambiental, com foco em dinâmicas ambientais, gestão territorial e educação ambiental.

Orcid: 0000-0003-4346-8650

Carolina Julian

Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), campus FCT. Bolsista Fapesp de 2015 a 2017 na área de recuperação de áreas degradadas. Estágios realizados na área de gerenciamento de resíduos sólidos. Atuação profissional como Analista Ambiental no Grupo Cocal – Energia Responsável. Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia na Unesp, campus FCT, e engenheira ambiental na Prefeitura Municipal de Itatiba/SP.

Orcid: 0000-0001-9257-3989

Charlei Aparecido da Silva

Tem pós-doutorado em Geografia pela Unesp (2014), é doutor pela Unicamp (2006) e mestre pela Unesp de Rio Claro (2001). Graduado em Geografia (1996/1997), é professor na UFGD, onde atua na graduação e pós-graduação em Geografia, orientando mestrado e doutorado. Coordenou o PPGG/UFGD (2011-2013; 2021-2023) e foi tutor do PET-Geografia (2015-2021). Exerceu cargos na Anpege e ABClima, onde é diretor científico. Editor-chefe da *RBClima* e *Revista Entre-Lugar*, é pesquisador CNPq desde 2023.

Orcid: 0000-0002-5598-7848

Deivison Carvalho Molinari

Doutor em Geografia pela Ufam (2023), mestre pela Ufsc (2007) e bacharel em Geografia pela Ufam (2004), além de advogado. Professor do Departamento de Geografia da Ufam, com ênfase em diagnóstico e recuperação de impactos ambientais, perícias, geomorfologia, vulnerabilidade ambiental, levantamento socioambiental em comunidades ribeirinhas e legislação ambiental. Membro da Rede de Pesquisadores em Geografia (Socio)Ambiental, do Grupo de Pesquisa Governança Ambiental e Bioeconomia (Ufam) e do Grupo de Pesquisa Geografia Física da Amazônia (Ufam). Orcid: 0000-0001-6359-1563

Dirce Maria Antunes Suertegaray

Doutora em Geografia pela USP (1988), mestra em Geografia pela USP (1981) e licenciada em Geografia pela UFSM (1972). Professora emérita da UFRGS (2021), foi docente na Fidene e da UFSM, além de titular na UFRGS, atuando nas áreas de desertificação, ambiente, cidade, ensino e epistemologia da geografia. Foi presidente da AGB no biênio 2000-2002 e coordenadora da área de Geografia na Capes (2005-2007) e da Anpege (2016-2017). Atuou como professora visitante na UFPB (2018-2020).

Orcid: 000-0002-3513-6376

Emanuela Sanches Moreira

Mestra em Geografia (2023) pelo PPGG/Unesp, campus de Presidente Prudente, com período-sanduíche na Universidade de Alicante, Espanha. Doutoranda pelo PPGG/Unesp, com financiamento Capes. Bacharel (2020) e licenciada (2019) em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/Unesp), campus de Presidente Prudente.

Orcid: 0000-0002-0635-1157

Érika Cristina Nesta Silva

Doutora (2017) e mestra (2012) em Geografia pela Unesp, ambos com bolsa Fapesp. Graduada em Geografia pela mesma instituição (2008/2009). Realizou estágio de doutorado na British Geological Survey (Inglaterra) e pós-doutorado na Universidade de Viena. Professora na UFR, atua na graduação e no mestrado em Geografia. Pesquisadora do IGCP 732 (Language of the Anthropocene), trabalha com temas como geomorfologia, depósitos tecnogênicos, Antropoceno, solos e ensino.

Orcid: 0000-0001-8383-8236

Francisco Sérgio Bernardes Ladeira

Livre-docente pela Universidade Estadual de Campinas (2021), doutor em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (2001), mestre em Geografia (Geografia Física) pela mesma instituição (1995) e bacharel em Geografia pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (1989). Atualmente é docente da Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Paleopedologia, Superfícies Geomorfológicas e Relação Solo-Relevo.

Orcid: 0000-0002-9990-2332

Gilberlene Serra Lisboa

Mestra em Geografia pela Uema e graduada em Geografia pela mesma instituição. Doutoranda em Geografia pela UFRJ. Técnica em Meio Ambiente pelo Senac/MA e especialista em diversas áreas, como Ensino de Geografia, Gestão e Educação Ambiental, e Pedologia e Geomorfologia. Foi bolsista no projeto sobre a erodibilidade dos solos na Bacia do Rio Bacanga, em São Luís. Pesquisadora do Geomap e do Laboratório Lagesolos/UFRJ, com foco em processos erosivos e análise de solos.

Orcid: 0000-0001-7348-4155

Gustavo Fávaro Lopes

Formado em Geografia (licenciatura e bacharelado) pela Unesp. É pesquisador e colaborador do Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos (LabSolos). Discente de mestrado acadêmico em Geografia na mesma instituição. Bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), com o projeto de pesquisa intitulado: "Terrenos tecnogênicos na bacia hidrográfica do córrego do Cedro, Presidente Prudente – SP".

Orcid: 0000-0003-2906-8175

Jéssica de Sousa Baldassarini

Doutora em Geografia pela Unesp, campus de Presidente Prudente (2021), mestrado com período sanduíche na Universidad Politécnica de Madrid (2016), licenciatura (2013) e bacharelado (2014) na mesma área e instituição. Sua área de pesquisa concentra-se nos temas: relação sociedade-natureza, colonialidade da natureza, uso e ocupação do solo, recuperação de áreas degradadas por erosão, métodos de estimação de perda de solos e ensino de geografia. Atualmente é servidora pública da Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso.

Orcid: 0000-0002-6308-274X

Jean Carlo Gessi Caneppele

Doutor em Geografia (2023), mestre em Geografia (2017), bacharel em Geografia (2016) e licenciado em Geografia (2014) pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (Posgea/UFRGS) na linha de análise ambiental. Membro do Laboratório de Geografia Física e do Grupo de Pesquisa Arenização/Desertificação: Questões ambientais (CNPq/UFRGS).

Orcid: 0000-0002-8487-7533

João Lima Sant'Anna Neto

Livre-docente (2001) e titular (2008) na Unesp, doutor em Geografia Física (1995) e mestre em Geografia Física (1990) pela USP, com graduação em Geografia pela mesma instituição (1980). Tem pós-doutorado em Porto (2009/2010) e em Barcelona (2015/2016). Foi pesquisador visitante em universidades de França, Portugal, Espanha e Brasil. Atua no programa de pós-graduação da Unesp e é membro do Incline/USP – Instituto Nacional de Mudanças Climáticas. Especialista em Climatologia Geográfica, pesquisa variabilidade climática, mudanças climáticas e riscos socioespaciais, integrando grupos como Gaia e o Instituto Nacional de Mudanças Climáticas.

Orcid: 0000-0002-5947-1734

João Osvaldo Rodrigues Nunes

Possui doutorado em Geografia pela Unesp, campus de Presidente Prudente (2002); livre docência em Geografia Física pela mesma instituição (2014); pós-doutorado pela Universidade de Alicante, Espanha (2008-2009); e titular (2025) pela Universidade Estadual Paulista. Graduou-se em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1990). Atualmente é professor titular no Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Unesp, onde orienta alunos de mestrado e doutorado. Sua experiência concentra-se na área de Geografia Física, com ênfase em Geomorfologia, abordando temas como mapeamento geomorfológico, erosão, depósitos tecnogênicos e ambiente. É bolsista de produtividade nível 2.

Orcid: 0000-0003-3924-4056

João Victor Arias

Engenheiro ambiental e pós-graduando em *Data Science & Analytics*. Realizou pesquisa científica em projeto de bioengenharia para contenção de erosão hídrica. Atua como analista ambiental na indústria sucroalcooleira, com experiência em condicionantes ambientais para indústria, elaboração de relatórios R3/R5 para licitações de linhas de transmissão, organização de bancos de dados geográficos, geração de produtos cartográficos e Planos de Ação de Emergência de Barragens (PAEA).

Orcid: 0009-0000-2080-4346

João Vitor Gobis Verges

Doutor em Alterações Climáticas pela Universidade de Lisboa; e em Geografia pela Unesp (cotutela); mestre em Geografia pela Unioeste; licenciado e bacharel em Geografia pela Unesp. Pós-doutorando em Geografia na USP. Docente no IFSP (campus Campinas), atua em Educação Climática, Ensino de Geografia e Políticas Climáticas. Foi docente no IFRS e IFMT, liderou grupos de pesquisa e coordenações. Professor em programas de mestrado no IFRS e UFR, revisor de periódicos e membro de grupos de pesquisa em educação e geografia.

Orcid: 0000-0002-4560-1278

Jonathan Fernando Costa Alves

Mestre em Geografia pelo Instituto de Geografia do Pontal/PPGEP, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Graduado em Geografia (licenciatura e bacharelado) pela Faculdade de Ciências Integradas do Pontal (Facip), da UFU, campus Pontal, Ituiutaba/MG. Aluno no Programa de Pós-Graduação em Geografia do Pontal (PPGEP), da UFU. Membro do Laboratório de Pesquisa em Pedologia, Geomorfologia e Ensino de Geografia Física (Pedogeo) da Facip/UFU. Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas em Geomorfologia, Pedologia e Dinâmicas Ambientais (Gepda).

Orcid: 0009-0008-7341-3048

José Fernando Rodrigues Bezerra

Doutorado pela UFRJ/UW-Inglaterra, mestrado pela UFU e graduação em Geografia pela Ufma. Foi professor visitante na UFRJ e pesquisador no Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos. Tem experiência em Geografia Física, Geomorfologia e Estações Experimentais. Atualmente, é professor associado na Uema, lecionando no mestrado e doutorado em Geografia. Coordenador do Laboratório de Geociências e vice-coordenador do grupo de pesquisa Geomap. É Bolsista de produtividade Sênior da Uema.

Orcid: 0000-0002-6333-8768

Leda Correia Pedro Miyazaki

Doutora em Geografia pela Unesp, com mestrado, licenciatura e bacharelado na mesma instituição. Professora associada do curso de Geografia e do PPGEP da UFU, campus Pontal. Coordenadora do Grupo de

Estudos em Geomorfologia, Pedologia e Dinâmicas Ambientais (Gepda) e pesquisadora do grupo Gaia/Unesp. Desenvolve pesquisas em Geografia Física, com ênfase em geomorfologia urbana, solos, vulnerabilidade ambiental e ensino de Geografia. Coordena o Laboratório de Estudos e Pesquisa em Pedologia, Geomorfologia e Geografia Física (Pedogeo).

Orcid: 0000-0001-6293-0439

Leonardo Cruz Mendes da Silva

Mestre em Geografia pelo PPG em Geografia da Unesp (2022-2024), graduado em Geografia (licenciatura e bacharelado) pela Unesp (2017-2022). Atualmente, é doutorando no PPG em Geografia da Unesp com bolsa Capes (PROEX), desenvolvendo o projeto "Reconstituição geomorfológica dos terrenos tecnogênicos na bacia do Córrego do Cedro, Presidente Prudente/SP". Pesquisador no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos (LabSolos).

Orcid: 0000-0002-8007-8689

Letícia Costa Paranaíba

Graduada em Geografia pela UFU, com experiência como bolsista do Pibiti e do projeto EducaSolos. Atualmente, é mestranda em Geografia pelo PPGEP/UFU e membro do Gepda e do Pedogeo. Desenvolve pesquisas na área de Geografia Física, com ênfase em mapeamento geomorfológico, erosão dos solos e educação em solos.

Orcid: 0009-0007-2960-128X

Lucimar de Fátima dos Santos Vieira

Bióloga e geógrafa, professora no Departamento Interdisciplinar da UFRGS, campus Litoral Norte. Tem pós-doutorado e é doutora em Geografia (área de ambiente, ensino e território) pela UFRGS, com doutorado-sanduíche na Universidade do Maine, França. Mestra em Geografia pela UFRGS e graduada em Geografia e Biologia. Tem experiência em planos de manejo, diagnósticos socioeconômicos e ambientais em unidades de conservação, e assessoria técnico-socioambiental. Atua em temas como paisagem, geoconservação, gestão ambiental, educação ambiental e turismo comunitário.

Orcid: 0000-0003-4794-9056

Matheus Horácio do Carmo Pereira

Engenheiro ambiental e mestrando em Recursos Hídricos e Meio Ambiente, com experiência em licenciamento ambiental, gestão de resíduos, outorgas hídricas e projetos de compensação ambiental em São Paulo. Conhecimento em ISO 14001, gestão de projetos e domínio de softwares de geoprocessamento, CAD e processamento de dados de DRONE. Experiência em liderança de equipes e pesquisa focada em qualidade da água e diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas. Trabalho de graduação sobre recuperação de processos erosivos lineares com bioengenharia.

Orcid: 0009-0001-1449-7092

Marcel Bordin Galvão Dias

Doutor e mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), campus de Presidente Prudente/SP. Licenciado em Geografia pelo Instituto de Estudos Socioambientais (Iesa) da Universidade Federal de Goiás (UFG). Membro dos Grupos de Pesquisa "Interações na superfície, água e atmosfera" (Gaia) e "Estudos do Antropoceno e do Tecnógeno". Atua, principalmente, nos seguintes temas: depósitos tecnogênicos, análise ambiental em bacias hidrográficas, geomorfologia urbana, problemas ambientais urbanos.

Orcid: 0000-0001-9623-7448

Marco Antonio Saraiva da Silva

Mestre e bacharel em Geografia pela UFV, com pesquisa sobre impactos climáticos em manguezais. Licenciado em Geografia (2020). Doutorando em Geografia na FCT/Unesp, com bolsa PROEX/Capes, pesquisando poluição ambiental por microplásticos. Atua na área de dinâmicas socioambientais e prática pedagógica, utilizando Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e análises laboratoriais em suas pesquisas.

Orcid: 0000-0003-2897-8185

Marcos Vinícius de Souza

Possui graduação em Engenharia Ambiental (2022) pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/Unesp), campus de Presidente Prudente/SP. Atualmente está cursando mestrado acadêmico no Programa de Pós-Graduação em Geografia da mesma ins-

tituição, com uma bolsa de PDI vinculada à Aneel, financiada pela Auren Energia e gerenciada pela Epona Consultoria e Meio Ambiente.

Orcid: 0000-0002-7417-1887

Marly Silva de Morais

Mestra em Geografia pela Uema, com foco em Dinâmica da Natureza e Conservação. Graduada em Geografia pela Uema. Doutoranda em Geografia pela Unicamp. Foi assistente técnica no Laboratório de Geociências da Uema. Tem experiência em Geografia Física, atuando em temas como monitoramento, erosão, processos erosivos, fragilidade ambiental, vulnerabilidade socioambiental e geocologia da paisagem.

Orcid: 0000-0003-1008-2532

Maria Adelvana da Silveira Lucena

É formada em Geografia pela Universidade Federal de Rondonópolis (UFR).

Orcid: 0009-0001-9461-8535

Melina Fushimi

Professora assistente na Unesp (campus de Rio Claro) e professora permanente no PPGG em Geografia da Unesp (campus de Rio Claro) e PPG em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão (2018-atual). Foi professora adjunta na Uems (2021-2023) e na Uema (2018-2021). Tem pós-doutorado em Geografia pela Unicamp (2020). É doutora (2016), mestra (2012), bacharela (2009) e licenciada (2008) em Geografia pela Unesp. Líder do grupo de pesquisa CNPq Geoambiente, com ênfase em erosão, vulnerabilidade, mapeamento, usos da terra, ambiente e ensino de solo.

Orcid: 0000-0002-3682-4701

Pedro Henrique Chicca Picciarelli

Técnico em Meio Ambiente, graduado em Engenharia Ambiental pela Unesp e em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Cruzeiro do Sul. Atualmente, trabalha na gestão de EHS no setor de usinas fotovoltaicas, oferecendo suporte em SSMA para projetos e na implementação da certificação ISO 45001.

Orcid: 0009-0008-2649-2580

Rafael Brugnolli Medeiros

Tem pós-doutorado em Geografia pela Uema (2021-2022), é doutor em Geografia pela UFGD (2020), mestre em Geografia pela UFMS (2016) e graduado em Geografia pela UFMS (2013). Foi professor na UFMS e Uema, e atualmente é professor adjunto da UFGD. Membro do Laboratório de Geografia Física (LGF/UFGD) e do Grupo de Pesquisa Socioeconômico-Ambiental de Mato Grosso do Sul (CNPq/UFGD). Suas pesquisas abordam Planejamento e Gestão Ambiental, Recursos Hídricos, Geoprocessamento, Paisagem e Dinâmicas Territoriais.

Orcid: 0000-0003-0419-655X

Renan Aversari Câmara

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (2024), mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (2016), graduado em Física pela Universidade Federal da Paraíba (2021) e graduado em Direito pelo Instituto Paraibano de Ensino Renovado (2009). Tem experiência na área de Física e Meio Ambiente, com ênfase em instrumentação científica.

Orcid: 0000-0002-4203-5602

Roberto Verdum

Doutor em *Géographie et Aménagement* pela Université de Toulouse (1997), mestre em *Géographie et Aménagement* pela Université de Toulouse (1993), graduado em Geografia pela UFRGS (1987/1988). Professor titular no Departamento de Geografia da UFRGS, atua na graduação e Pós-Graduação em Geografia e Desenvolvimento Rural. Pesquisador em Geomorfologia, focado em análise ambiental, paisagem, desertificação e arenização. Coordena os grupos Pagus e Arenização/Desertificação, além de convênios internacionais, como o Capes/Cofecub (2017-2020). Colabora com universidades como Le Mans (França) e UAM (Espanha).

Orcid: 0000-0002-0528-4343

Sidnei Luís Bohn Gass

Tem pós-doutorado em Geografia pela Le Mans Université, França (2020), pelo projeto Qualprosul. Doutor em Geografia pela UFRGS (2015), mestre em Geografia pela UFRGS (2010), graduado em Geografia pela Unijuí (2000). Professor adjunto na Unipampa, campus Itaqui, e docente do

Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRGS. Atua em Geociências, com foco em Cartografia Temática, Sensoriamento Remoto e Zoneamento Ambiental. Tem experiência em análise ambiental e desenvolvimento de projetos relacionados à cartografia e à gestão territorial.

Orcid: 0000-0001-5197-7506

Tatiane Dias Alves

Graduada em Geografia pela UFU, com experiência em assessoria técnica para elaboração de Plano Diretor. Atualmente, é mestranda em Geografia e pós-graduanda em Geoprocessamento e Solos pela UFV. Atua como auxiliar de laboratório e subcoordenadora do projeto de extensão EducaSolos na UFU, além de colaborar com o Grupo de Pesquisa Gepda. Tem experiência em Geografia Física, focando mapeamento geomorfológico, erosão de solos, análise fisiográfica de bacias hidrográficas, geoprocessamento e educação em solos.

Orcid: 0009-0008-3119-5046

Tania Cristina Gomes

Doutora com dupla titulação pela UFRGS e Université du Maine, França. Mestra em Geografia pela UFRGS, com ênfase em análise ambiental e ensino, e bacharela em Geografia pela UFSM. Pesquisadora júnior no PPG em Geografia da UFRGS. Integra os grupos de pesquisa Arenização/Desertificação e Pagus/UFRGS e participou do convênio internacional Qualprosul (2017-2021). Atua em Geociências e Geografia, com foco em cartografia temática, sensoriamento remoto, geomorfologia do Quaternário, análise ambiental, paisagem e processos erosivos eólicos.

Orcid: 0000-0003-1335-8098

Viviane Capoane

Docente nos cursos de graduação e pós-graduação em Geografia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Temas de interesse: erosão, arenização, geoquímica ambiental, recuperação de áreas degradadas, hidrologia urbana, geodiversidade e geoconservação, geotecnologias aplicadas à análise ambiental, psicologia social aplicada ao contexto ambiental.

Orcid: 0000-0002-6672-1279