

# Antropoceno e Geomorfologia Urbana

## Organização:

- Guilherme Borges Fernandez
- Miguel Fernandes Felipe
- Maria Luíza de Oliveira Terto





# Antropoceno e Geomorfologia Urbana

---

## **Organização:**

- Guilherme Borges Fernandez
- Miguel Fernandes Felipe
- Maria Luíza de Oliveira Terto

---

MOSSORÓ- RN, 2026.

# UERN



**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte**

**Reitora**

Cicília Raquel Maia Leite

**Vice-Reitor**

Francisco Dantas de Medeiros Neto

**Diretor da Editora Universitária da Uern (Eduern)**

Francisco Fabiano de Freitas Mendes

**Chefe do Setor Executivo da Editora Universitária da Uern (Eduern)**

Jacimária Fonseca de Medeiros

**Chefe do Setor de Editoração da Editora Universitária da Uern (Eduern)**

Lindercy Francisco Tomé de Souza Lins

**Conselho Editorial das Edições UERN**

Andreza Tacyana Félix Carvalho

Francisco Fabiano de Freitas Mendes

Franklin Roberto da Costa

Fernanda Abreu de Oliveira

Gleisson do Carmo Oliveira

Ismênia Gurgel Martins

Jacimária Fonseca de Medeiros

Lindercy Francisco Tomé de Souza Lins

Maria Ione da Silva

Otoniel Fernandes da Silva Júnior

Patrícia Batista Barra

Kalidia Felipe de Lima

Saulo Gomes Batista

Sérgio Luiz Pedrosa Silva

**Capa e Diagramação**

Gabriela Mabel Alves Vieira

**Catálogo da Publicação na Fonte.  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Antropoceno e Geomorfologia Urbana-Vol.XI [recurso eletrônico]. / Guilherme Borges Fernandez, Miguel Fernandes Felipe, Maria Luíza de Oliveira Terto (orgs.). – Mossoró, RN: Edições UERN, 2026.

82 p.

ISBN: 978-85-7621-586-8 (E-book).

Coleção: Geomorfologia do Brasil.

1. Geomorfologia Urbana. 2. Processos geomorfológicos. 3. Geomorfologia - Brasil. I. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. II. Título.

UERN/BC

CDD 551.4

Bibliotecário: Aline Karoline da Silva Araújo CRB 15/ 783

# Sumário:



**APRESENTAÇÃO.....**

05

**1. ANÁLISE DE SOLO ANTROPOGÊNICO COMO MEIO DE COMPREENSÃO DE ALTERAÇÕES NO SOLO E NO RELEVO: UM ESTUDO DE CASO**

07

Cecília Félix Andrade Silva;  
Geovana Maria Freitas de Paula;  
Rafael Cardoso Teixeira;  
Lucas Souza Azevedo;  
Jairo Rodrigues Silva.

**2. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOMORFOLÓGICA DA BACIA DO RIO POTI NO PERÍMETRO URBANO DE CRATEÚS, CEARÁ**

16

Francisco Leandro da Costa Soares;  
Francisco Diones Oliveira Silva;  
Vanda Claudino-Sales.

**3. MAPEAMENTO DE FEIÇÕES DE RELEVO TECNOGÊNICAS DA BACIA DO RIO JAPUÍBA, ANGRA DOS REIS, RJ**

33

Fabiana Peres de Freitas;  
Telma Mendes da Silva.

**4. O IMPACTO DA AÇÃO ANTRÓPICA NA TOPOGRAFIA DAS CIDADES E SUAS REPERCUSSÕES NAS REDES DE DRENAGEM URBANAS E NA OCORRÊNCIA DE ALAGAMENTOS**

49

Fernanda Figueiredo Braga.

**5. DINÂMICA TEMPORO-ESPACIAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM, MARANHÃO**

68

Cristiane Mouzinho Costa Avelar;  
Tarcísio de Sousa Andrade;  
Luiz Carlos Araújo dos Santos.



## Geomorfologia do Brasil

# Apresentação

A **Coleção Geomorfologia do Brasil**, editada pela Edições Uern - EDUERN, reúne contribuições de pesquisadores e pesquisadoras de diferentes regiões do país que apresentaram seus trabalhos no XV Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO), realizado em Natal (RN), entre os dias 4 e 8 de agosto de 2025.

Composta por 14 volumes temáticos, a coleção expressa a diversidade e a vitalidade da produção científica brasileira em Geomorfologia, contemplando desde abordagens clássicas até perspectivas inovadoras que integram novas tecnologias, análises ambientais e dimensões sociais da paisagem. Cada livro reflete o compromisso coletivo de fortalecer e divulgar o conhecimento geomorfológico produzido no Brasil, promovendo diálogo entre diferentes áreas e instituições.

### ... OS VOLUMES QUE COMPÕEM A COLEÇÃO SÃO:



#### 1. Intemperismo, Solos e Paisagem

organizado por Davi do Vale Lopes (UFRN)



#### 2. Processos e Formas de Vertente

organizado por Grace Bungenstab Alves (UFBA)



#### 3. Geomorfologia Fluvial e Lacustre

organizado por José Yure Gomes dos Santos (UFRN)  
e Filipe da Silva Peixoto (UERN)



#### 4. Geomorfologia Costeira, Marinha e Eólica

organizado por Antônio Rodrigues Ximenes Neto (UFRN)



#### 5. Geomorfologia de Áreas Cársticas

organizado por Luiz Eduardo Panisset Travassos (PUC-MG)



#### 6. Geomorfologia Estrutural

organizado por Abner Monteiro Nunes Cordeiro (UFRN)



#### 7. Geomorfologia Ambiental

organizado por Glairton Cardoso Rocha (IFPI)



## 8. Quantificação de Processos, Modelagem e Geocronologia

organizado por Kleber Carvalho Lima (UPE)  
e Everton Vinicius Valezio (UPE)



## 9. Mapeamento Geomorfológico: Básico e Aplicado

organizado por Rosangela Garrido Machado Botelho (IBGE)



## 10. Risco Geomorfológico: Diagnóstico, Prevenção e Previsão

organizado por Maria Carolina Villaça Gomes (UERJ)



## 11. Antropoceno e Geomorfologia Urbana

organizado por Guilherme Borges Fernandez (UFF)  
Miguel Felipe (UFJF)  
e Maria Lúza de Oliveira Terto



## 12. Geodiversidade e Patrimônio Geomorfológico

organizado por Thiara Oliveira Rabelo (UFRN)  
e Luciana Martins Freire (UFPA)



## 13. Geotecnologias e Inteligência Artificial Aplicadas à Geomorfologia

organizado por Paulo Victor do Nascimento Araújo (IFRN)  
e Sílvio Braz de Sousa (UFRN)



## 14. Ensino de Geomorfologia na Educação Formal e Não Formal

organizado por Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque (UFDF)  
e José Falcão Sobrinho (UVA)

Mais do que uma coletânea de textos, esta coleção constitui um registro histórico da consolidação da geomorfologia brasileira em múltiplas frentes — teórica, metodológica e aplicada. Esperamos que cada volume inspire novas leituras do relevo, novas formas de pensar a paisagem e novos caminhos de pesquisa comprometidos com a compreensão das dinâmicas da superfície terrestre.

**Desejamos a todos uma excelente leitura!**

*Jacimária Fonseca de Medeiros, Thaís Guimarães,  
e Marco Túlio Mendonça Diniz*

Organizadores da Coleção Geomorfologia do Brasil



# ANÁLISE DE SOLO ANTROPOGÊNICO COMO MEIO DE COMPREENSÃO DE ALTERAÇÕES NO SOLO E NO RELEVO: UM ESTUDO DE CASO

Cecília Félix Andrade Silva <sup>1</sup>

Geovana Maria Freitas de Paula <sup>2</sup>

Rafael Cardoso Teixeira <sup>3</sup>

Lucas Souza Azevedo <sup>4</sup>

Jairo Rodrigues Silva <sup>5</sup>

**PALAVRAS-CHAVE:** Antropogeomorfologia, Solo Antropogênico, Quadrilátero Ferrífero.

## RESUMO

No século XX, a atividade de mineração de ferro em Minas Gerais experimentou um crescimento significativo, superando a tradicional mineração aurífera e tornando-se elemento vital para a economia regional. Um exemplo observado em Itabira, cidade do estado de Minas Gerais, onde as transformações decorrentes da mineração se tornaram evidentes. Esse trabalho propôs analisar impactos antropogênicos na paisagem, combinando avaliações laboratoriais de solos com diagnóstico da alteração da geomorfologia fluvial local. A análise morfológica do perfil do solo e laboratorial das amostras delineia um panorama multifacetado de suas propriedades e características. Essa abordagem confere ao estudo uma perspectiva holística e substancial, essencial para a compreensão da dinâmica e potencialidades do solo antrópico em questão. O estudo dos impactos dessa atividade revela-se fundamental para entender os desafios ambientais e socioeconômicos associados. A investigação dos solos antropogênicos oferece uma perspectiva pedológica da ação humana neste contexto, permitindo uma compreensão aprofundada de como as ações humanas afetam a formação, manipulação e contaminação do solo. Essa visão é essencial para avaliar a sustentabilidade da atividade mineradora. O termo “Antropoceno” destaca a influência humana no meio ambiente, sublinhando a interação complexa entre as ações humanas e os ecossistemas e fornecendo insights valiosos sobre os efeitos resultantes. Compreender os impactos da mineração mostra-se crucial para o planejamento sustentável e a preservação, pois ajuda a abordar conflitos e a propor estratégias de recuperação. Para trabalhos futuros, sugere-se direcionar o foco para aspectos pedológicos relacionados a essa temática.

<sup>1</sup> Professora Doutora do Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG, [cecilia.andrade@ifmg.edu.br](mailto:cecilia.andrade@ifmg.edu.br)

<sup>2</sup> Graduanda do Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG, [geovanamariaf@gmail.com](mailto:geovanamariaf@gmail.com)

<sup>3</sup> Professor do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - IFNMG campus de Teófilo Otoni, [teixeirargeo@gmail.com](mailto:teixeirargeo@gmail.com)

<sup>4</sup> Mestrando do Curso de Geografia na Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, [lucazevedo15@yahoo.com.br](mailto:lucazevedo15@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Professor Doutor do Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG, [jairo.rodrigues@ifmg.edu.br](mailto:jairo.rodrigues@ifmg.edu.br)



## INTRODUÇÃO

A partir do século XX a mineração de ferro em Minas Gerais experimentou um crescimento significativo após o hiato causado pelo esgotamento do ouro, tornando-se uma atividade econômica de extrema importância para o Estado e o país. A região do Quadrilátero Ferrífero (QF), rica em reservas de minério de ferro, atraiu grandes empresas nacionais e internacionais interessadas na exploração e exportação do minério (Roeser e Roeser, 2010).

Esse processo impulsionou o desenvolvimento de cidades mineradoras, bem como o investimento em infraestrutura logística para facilitar o transporte e escoamento do minério de ferro extraído. Esse processo também suscitou preocupações ambientais e sociais, devido aos impactos negativos da atividade nas comunidades locais, na biodiversidade e nos ecossistemas (Rezende, 2016). Diante desta perspectiva, Rehbein e Ross (2010) salientam que os homens não criam regras, formas e instituições para não cair no estado da natureza, mas desenvolvendo sua própria natureza, em função de estímulos advindos do ambiente natural, daí a importância de se criar um equilíbrio entre ambos.

Dessa maneira, entender os impactos antrópicos sobre o solo associado ao relevo em decorrência da ação minerária é de extrema relevância para compreender os desafios ambientais e socioeconômicos enfrentados na região central de Minas Gerais. O estudo se mostra relevante ao tratar sobre um tema que está atrelado ao meio ambiente, equilíbrio e impacto ecológico e ambiental, especificamente sobre o solo, causados pela ação minerária.

Ao longo do tempo, a alteração do equilíbrio ecológico ocasionada pela atividade minerária começou a se configurar como uma preocupação crescente entre diversos pesquisadores, como salienta Silva (2012). O impacto ambiental resultante desse processo tem suscitado uma atenção cada vez maior devido às possíveis repercussões sobre os ecossistemas locais e globais.

A necessidade de compreender e abordar essas mudanças torna-se premente, exigindo uma análise aprofundada dos efeitos a longo prazo sobre a biodiversidade, os recursos naturais e a qualidade geral do ambiente. Conforme destacado por Bitar (1997), a atividade mineradora é responsável por desencadear uma variedade de efeitos desejados, sendo os impactos de notável relevância: alterações ambientais, conflitos na utilização do solo, depreciação de propriedades circunvizinhas, formação de áreas degradadas, alterações no solo e relevo (Taroli e Sofia, 2016; Andrade e Valadão, 2016) e perturbações no tráfego urbano.

A reconfiguração recente do relevo e da cobertura superficial devido à atividade mineradora introduz novas dinâmicas erosivas, tornando imperativa a investigação dos riscos geotécnicos associados à exploração mineral (Taroli e Sofia, 2016). Isso inclui uma atenção especial aos movimentos de massa, evidenciados pelo trágico rompimento da barragem de Fundão em Mariana.



Nesse contexto, o objetivo do trabalho consiste em analisar os impactos antropogênicos na paisagem da área de estudo em conjunto à análise laboratorial de amostras de solo coletadas. Da mesma forma, compreender os impactos da mineração é crucial para o planejamento adequado do uso do solo, o (re)ordenamento territorial e o desenvolvimento de políticas públicas que promovam não somente a preservação ambiental, mas também o desenvolvimento socioeconômico da região. Por fim, o processo de recuperação ambiental a ser pensado para cenários futuros em que a reserva de minério de ferro se esgote e a reabilitação das áreas degradadas seja posta como prioridade, buscando restaurar a biodiversidade, a estabilidade e qualidade do solo cada vez mais antropizado (Teixeira et al., 2022).

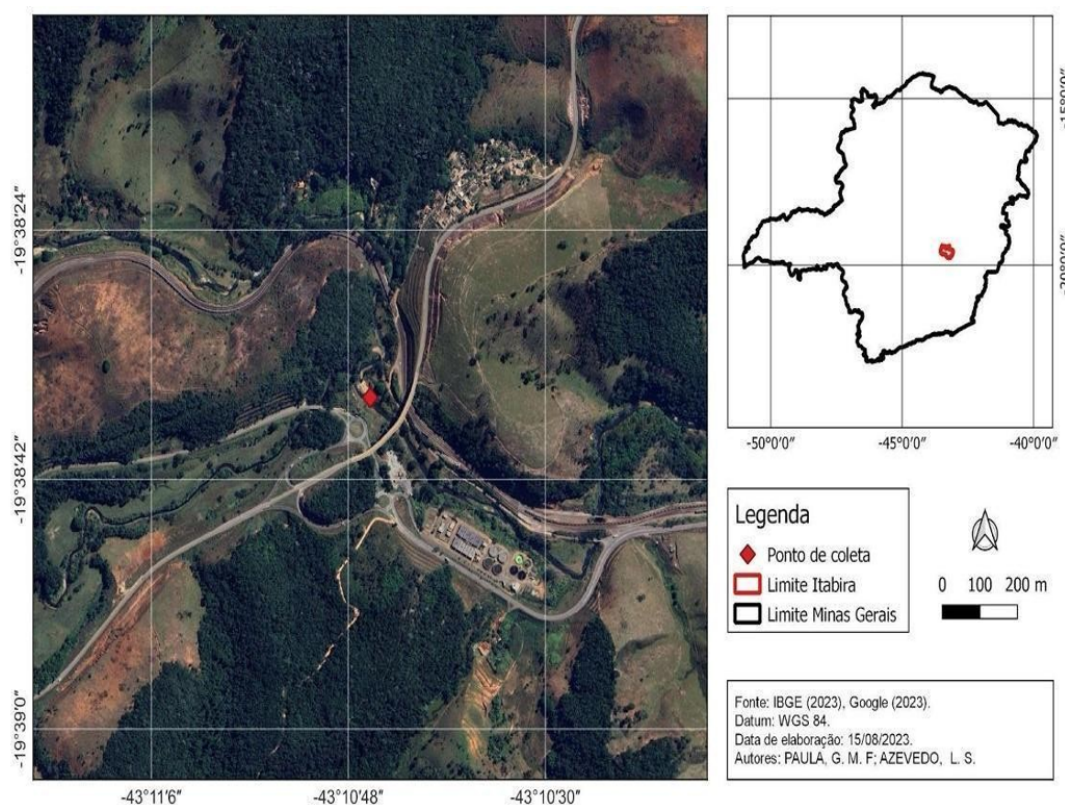
## METODOLOGIA

### Área de Estudo

Segundo Silva e Valadão (2016), Itabira-MG está localizada a NE do Quadrilátero Ferrífero (QF), sendo esta uma unidade geológica que engloba extensão aproximada de 7.000 km<sup>2</sup>, com vértices em Belo Horizonte, Santa Bárbara, Mariana e Congonhas do Campo, estando no limite meridional do Cráton do São Francisco.

A vegetação original predominante no município de Itabira é a Mata Atlântica, onde parte do município está situada na faixa de transição entre o domínio vegetal Atlântico e o Cerrado, sendo este encontrado mais na porção oeste, nas encostas da Serra do Espinhaço, fora da área de estudo. A cobertura vegetal atualmente presente próxima

ao ribeirão Jirau, local onde foi realizado a coleta do perfil de solo antropogênico ou tecnossolo (Schaefer et al., 2017), conta com a presença de plantas rasteiras, árvores com galhos mais finos e secos (Figura 1).



**FIGURA 1-** Mapa de localização do ponto de coleta de amostra de solo.

**FONTE:** Os autores (2024).



## Coleta e descrição morfológica do solo

Próximo à confluência dos rios Jirau e Do Peixe (19°38'36.08"S, 43°10'46.00"O), abriu-se um perfil de solo com 90 cm de profundidade. O objetivo foi a coleta de solo aluvial, decorrente de evento de origem antropogênica ocasionado pelo rompimento da barragem de Fundão, ocorrido no ano de 2015.

Neste local, realizou-se a coleta e a descrição morfológica do perfil (Santos et al., 2015) e da cor (Munsell, 1994), incluindo o levantamento dos tipos de materiais de origem humana presentes.

Após a coleta, o material foi encaminhado ao Laboratório de Geografia Física do Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Ouro Preto, para a realização de análises de pH, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) e densidade de partículas (Dp). Tais análises foram conduzidas de acordo com as metodologias propostas por Teixeira et al. (2017).

## REFERENCIAL TEÓRICO

Para Silva e Souza (2012) “a questão ambiental em Itabira, torna-se cada vez mais séria na medida em que, hoje, as minas aproximam-se dos bairros e os veios de minério tornam-se mais profundos.” De acordo com esses autores, apesar do aumento da consciência ambiental na sociedade e da intensificação da atuação do Ministério Público na exigência do cumprimento das leis ambientais por parte de empresas mineradoras, persiste uma situação de vulnerabilidade ambiental no município.

Silva e Valadão (2016) afirmam ainda que a rede hidrográfica do QF é representada por duas bacias de significativa importância, sendo elas a bacia do Rio São Francisco e a bacia do Rio Paraopeba. Já o complexo de Itabira é inserido ao sul pela sub bacia do rio Peixe e ao norte pela sub bacia do rio Jirau, com vales profundos sendo predominantes em formato de “V” e detonam gradientes de drenagem elevada com canais retilíneos, característica de leito rochoso homogêneo (Cunha, 1994).

Os estudos de solos antropogênicos, são importantes devido ao impacto que os seres humanos possuem sobre o ambiente e a paisagem (Peloggia, 2017; Teixeira et al., 2022). Esses estudos são cruciais para compreendermos a interação entre as atividades humanas e os processos naturais, bem como para desenvolver estratégias de manejo sustentável da terra. Estes solos são criados, modificados ou atendidos diretamente pelas atividades humanas, como agricultura, urbanização, mineração e construção (Taroli e Sofia, 2016). Desta forma, estudá-los nos permite compreender como as ações humanas influenciam os processos naturais, incluindo a herança, a formação do solo, a degradação e a contaminação (Costa e Peloggia, 2019).



O termo antropoceno entrou em vigor nos anos 2000 pelo atmosférico holandês Paul Crutzen, juntamente com o ecologista Eugene Stoermer no Nobel de química (Crutzen e Stoermer, 2000), embora haja um debate entre os cientistas sobre quando é o início proposto para o Antropoceno. Ruddiman (2003) afirma que a revolução industrial é considerada um marco para as transformações antropogênicas no planeta, pela intensa exploração de recursos naturais e aumento da emissão de gases estufas. Esse surgimento, segundo Lewis e Maslin (2015), é decorrente da transformação entre o homem e natureza, formando assim uma nova era geológica marcada pelas atividades humanas.

De acordo com Steffen et al. (2016) “o Antropoceno ressalta a necessidade urgente de uma gestão eficaz e sustentável dos sistemas terrestres, aquáticos e atmosféricos para evitar mudanças ambientais perigosas e irreversíveis”. Portanto podemos considerar que o antropoceno é um conceito geológico que destaca as influências significativas das atividades humanas em escala global. Essa época ressalta a importância dos estudos sobre a complexa interação entre os seres humanos e o meio ambiente. Através desses estudos é proporcionado uma maior compreensão dos impactos das atividades humanas, inclusive nos solos e relevo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise laboratorial das amostras

A tabela 1, a seguir, apresenta os dados das análises laboratoriais, onde apresenta variáveis que descrevem propriedades importantes do solo, visando elucidar minuciosamente os dados recolhidos a partir das análises do perfil.

**TABELA 1-** Análise de amostras no perfil de solo.

PROF.	pH		$\Delta$ PH	Dp	Dp	DP	COR
cm	H2O	KCl		g cm <sup>-3</sup>		g kg <sup>-1</sup>	Seca
<b>0-20</b>	6,92	5,19	-1,73	2,65	50,34	4,98	<b>7.5 YR 4/4</b>
<b>20-46</b>	6,54	5,03	-1,24	2,62	61,05	4,99	<b>7.5 YR 4/3</b>
<b>46-70</b>	6,45	4,77	-1,68	3,11	42,38	4,99	<b>7.5 YR 4/3</b>
<b>70-90</b>	<b>6,24</b>	<b>5,11</b>	<b>-1,13</b>	<b>3,08</b>	<b>35,10</b>	<b>5,03</b>	<b>7.5 YR 4/4</b>

**LEGENDA:** Prof.: Profundidade; MO: Matéria orgânica; CO: carbono orgânico; Dp: densidade de partículas; FF: fator f.

Observa-se que o pH H2O das amostras do solo manifestam-se em valores entre 6,24 e 6,92, decrescendo inversamente ao aumento da profundidade. De acordo com a nomenclatura sugerida por Alvarez et al. (1999), todas as camadas neste perfil se situam qualitativamente em caráter de acidez fraca (6,1 a 6,9).



Notavelmente, o pH KCl demonstra valores entre 4,77 e 5,19. Destaca-se que tais níveis permanecem abaixo da neutralidade, corroborando com o caráter de natureza ácida do solo. A discrepância entre os valores de pH H<sub>2</sub>O e pH KCl ( $\Delta$  pH) reflete-se em valores negativos de  $\Delta$  pH, o que indica o predomínio de cargas negativas no perfil.

Para o caráter de Dp os valores oscilam entre 2,65 e 3,11, aumentando à medida que se adentra as camadas mais profundas do solo. Esta elevação do valor sugere uma crescente compactação do substrato, indicando possíveis desafios à infiltração de água e desenvolvimento radicular. Segundo Santos (2019), o alto valor de Dp do rejeito pode ser explicada pela composição mineralógica do rejeito, onde os oxi-hidróxidos de Fe hematita e goethita possuem, respectivamente valores iguais a 5,26 e 4,26 g cm<sup>-3</sup>, ao qual avaliou os rejeitos da barragem de Fundão.

Os parâmetros MO e CO refletem uma tendência declinante à medida que se aprofunda no perfil do solo, com valores de 35,10 a 61,05 g kg<sup>-1</sup> para MO e 4,99 a 5,03 g kg<sup>-1</sup> para CO. Este declínio atesta a progressiva decomposição da matéria orgânica ao longo do aumento da profundidade nas distintas camadas do perfil analisadas.

A abordagem criteriosa destes resultados delinea um panorama multifacetado das propriedades e características do solo examinado. As discrepâncias entre pH H<sub>2</sub>O e pH KCl, o aumento da Dp com a profundidade e o comportamento variável da matéria orgânica conferem ao estudo uma perspectiva holística e substancial, valiosa para a compreensão da dinâmica e potencialidades do solo antrópico em questão.

## **Análise morfológica do perfil**

Para o caráter cor, todas as camadas do perfil (Figura 2 - A) são descritas qualitativamente como “brown”. Essa tonalidade sugere presença de matéria orgânica e minerais que contribuem para a coloração designada (Fernandez et al., 1988).

As camadas apresentam propriedades homogêneas quanto à textura, plasticidade, pegajosidade e cor. Para a propriedade física de textura, foram classificadas como sendo de textura arenosa. Para as propriedades morfológicas de plasticidade e pegajosidade as amostras foram classificadas como sendo não plástica e não-pegajosa. No caráter cor, o perfil apresentou mesmo matiz (YR) e valor nas quatro camadas, variando somente o croma, com pequena variação. Assim, foram definidas como sendo 4/4 nas camadas 0-20 e 70-90 cm, e 4/3 nas camadas intermediárias, 20-46 e 46-70 cm.

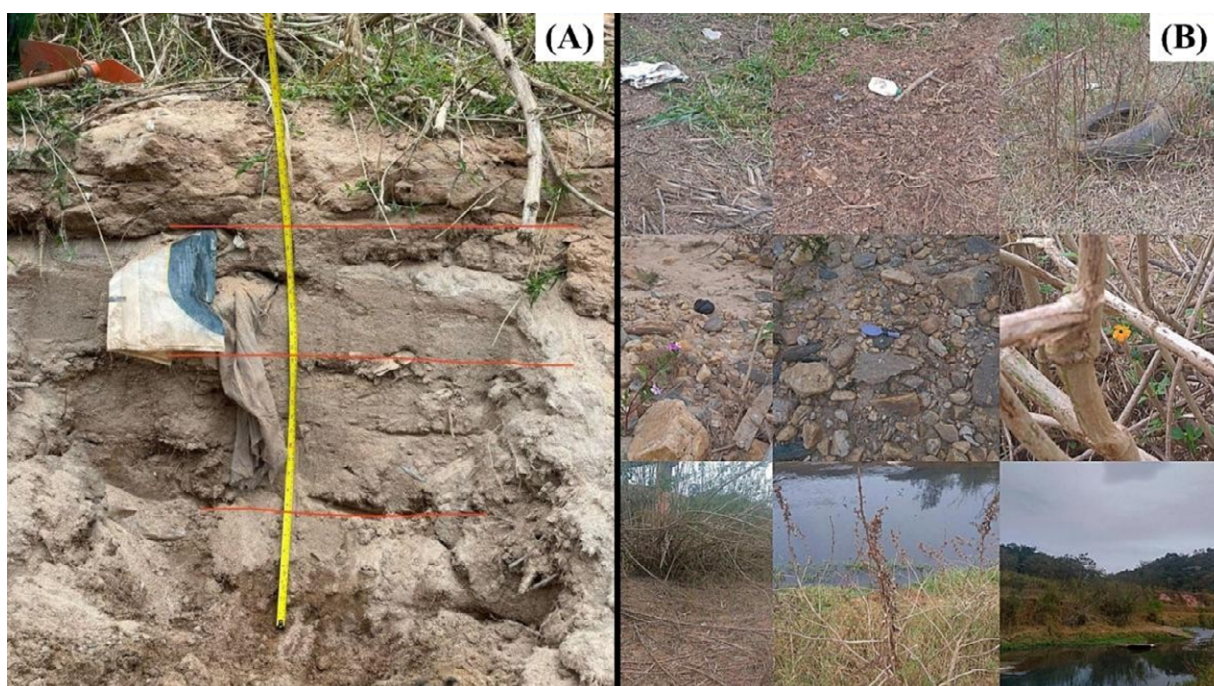
Quanto à presença de materiais de origem antrópica, foi detectado a presença de plásticos em todas as camadas, tecidos nas camadas de 20-46 e 46-70 cm e metal nas camadas de 0-20 e 70-90 cm. Nos materiais designados como plásticos houve a presença



de embalagens de remédios, sacos/sacolas, garrafas PET, esponjas e outros tipos sem possibilidade de identificação. Para os demais tipos, metais e tecidos, o que foi possível classificar foram restos de roupas e de latas metálicas.

Para materiais orgânicos e seres vivos, foram detectados nas camadas os seguintes elementos: raízes finas e médias em todas as camadas, formigas e cupins nas camadas intermediárias, fragmentos de árvores arrastados com a lama nas três camadas mais profundas e larvas de coleópteros na camada 20-46- cm. Na área ao redor do perfil (Figura 2 - B) foi observado a presença de andorinhas, patos, capivaras, vegetação rasteira e odor resultante da água não potável, tecidos, latas de bebidas de alumínio e de ferro e pneus.

**FIGURA 2-** (A) Perfil de solo aberto para coleta de amostra. (B) Mosaico com fotografias da área próxima ao ponto de coleta de amostra de solo.



**FONTE:** Arcevo dos autores.

Na área também se observa, perante a perspectiva geomorfológica, a deposição de material, denominado de rejeitos da mineração, sobre a calha e margem do rio Jirau. Tarolli e Sofia (2016) designam esse processo decorrente da mineração como fluxo de detritos com deposição nas margens dos vales fluviais, provocando a deposição rápida de volume considerável sobre o material aluvial natural, tornando em superfície, material aluvial antropogênico, tanto de caráter do solo quanto do relevo.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do trabalho realizado, diante da observação da paisagem associado a descrição e coleta do perfil, e análises laboratoriais foi possível observar a estreita relação entre a ação humana e os processos pedológicos e geomorfológicos fluviais, mesmo com análises simplificadas. Porém, capazes de identificar a alteração em ambiente de margem fluvial.

Tanto o solo antropogênico quanto o relevo na calha e margem do rio apresentam modificações derivadas da ação humana. Onde a análise do impacto das ações humanas a partir da análise associada entre solo e relevo ajuda a compreender a formação de elementos artificiais que são inseridos e integrados à paisagem natural, agora modificada. O perfil de solo antropogênico avaliado possui padrão de homogeneidade entre as camadas que o compõem, derivadas de material que foi definido durante a coleta como um tipo de material aluvial antropogênico.

Por fim, nota-se a crucial necessidade de compreender as alterações humanas no solo e no relevo para realizar a correta observação da paisagem, a fim de que a interpretação que inclui elementos antrópicos possa ser mais um componente analisado para a devida interpretação e reabilitação de áreas degradadas.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. F.; VALADÃO, R. C. **Relevo Antropogênico: mineração de ferro e a interferência humana**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2016. 147 p.
- BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. 1997. 185 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- COSTA, J. R.; PELOGGIA, A. U. G. Geoquímica de Terrenos Urbanos Modificados pela Humanidade e Serviços Ecossistêmicos (SE): o Caso de Santa Maria (RS, Brasil). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 37, p. 150-159, 2019.
- CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. The Anthropocene. **IGBP Global Change Newsletter**, n. 41, p. 17–18, 2000.
- CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 211-246.
- FERNANDEZ, R. N. et al. Color, Organic Matter, and Pesticide Adsorption Relationships in a Soil Landscape. **Soil Science Society of America Journal**, n. 52, p. 1023-1026, 1988.
- LEWIS, S. L.; MASLIN, M. A. Defining the Anthropocene. **Nature**, London, v. 519, n. 7542, p. 171-180, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature14258>. Acesso em: 10 ago. 2023.
- MUNSELL. **Munsell soil color charts**. Baltimore: Munsell Color, 1994.
- 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.
- REHBEIN, M. O.; ROSS, J. L. S. Impacto ambiental urbano: revisões e construções de significados. **GEOUSP-Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 27, p. 95-112, 2010.
- REZENDE, V. L. A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 375-384, 2016.



ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A. O Quadrilátero Ferrífero - MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 18, p. 34-37, 2010.

RUDDIMAN, W. F. The Anthropogenic Greenhouse Era began thousands of years ago. **Climate Change**, v. 61, n. 3, p. 261-293, 2003.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 102 p.

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Cenário histórico, quadro fisiográfico e estratégias para recuperação ambiental de Tecnosolos nas áreas afetadas pelo rompimento da barragem do Fundão, Mariana, MG. **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico**, Belo Horizonte, v. 24, p. 104-135, 2017.

SILVA, C. F. A.; VALADÃO, R. C. **Relevo antropogênico: mineração de ferro e a interferência humana**. Curitiba: Appris, 2016.

SILVA, M. G. S.; SOUZA, M. R. G. Itabira - Vulnerabilidade Ambiental: impactos e riscos socioambientais advindos da mineração em área urbana. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13., 2012, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: ABEP, 2012.

STEFFEN, W. et al. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. **Geomorphology**, v. 255, p. 140-161, 2016.

TEIXEIRA, P. C. et al. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2017. 577 p.

TEIXEIRA, R. C. et al. Solos Antropogênicos: solos decorrentes da ação humana em perspectiva ao Antropoceno. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 15, p. 107-123, 2022.



# CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOMORFOLÓGICA DA BACIA DO RIO POTI NO PERÍMETRO URBANO DE CRATEÚS, CEARÁ

Francisco Leandro da Costa Soares<sup>1</sup>

Francisco Diones Oliveira Silva<sup>2</sup>

Vanda Claudino-Sales<sup>3</sup>

**PALAVRAS-CHAVE:** Crateús, Geomorfologia do Perímetro Fluvial Urbano, Planície Fluvial Urbana, Alto Curso da Bacia do Rio Poti, Paisagem Urbana.

## RESUMO

Este trabalho trata de uma caracterização do Rio Poti no perímetro urbano do distrito sede do município de Crateús, no estado do Ceará. O objetivo é analisar e caracterizar os 31 bairros cortados pelo rio, em uma abordagem geomorfológica de caráter urbano, histórico e ambiental. Neste percurso, a metodologia fundamental é a geossistêmica. As técnicas da pesquisa são: o levantamento bibliográfico em arquivos da prefeitura, bem como análise de imagens de satélites e fotos, além de trabalhos de campo. Os resultados referentes aos 31 bairros analisados e caracterizados foram uma altimetria diversa, uma morfologia dissimétrica, um processo de formação evolutiva mediada pela intensa ação e intervenção de agentes exógenos (pluvial e fluvial) e antrópicos. Do ponto de vista socioambiental, a área mostra-se marcada por desigualdades sociais e econômicas que caracterizam a paisagem urbana contemporânea no Brasil. Com estas considerações e ponderações, coloca-se que a presente pesquisa levanta a atenção para a carência de dados sobre as modificações causadas pelo homem no vale do rio Poti no âmbito do perímetro urbano do distrito sede de Crateús, o que se faz necessário e urgente em uma paisagem urbana que caminha entre a ideia do desenvolvimento e as aflições da desigualdade social, econômica e ambiental.

<sup>1</sup> Mestre pelo Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UEVA, [francisco.leandro.costa.soares@gmail.com](mailto:francisco.leandro.costa.soares@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor e Doutor do Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal do Ceará - UF, [francisco.diones.geologia@gmail.com](mailto:francisco.diones.geologia@gmail.com)

<sup>3</sup> Professora orientadora, Visitante e Doutora na Universidade Federal de Pelotas - UFPel, [vcs@ufc.br](mailto:vcs@ufc.br)



## INTRODUÇÃO

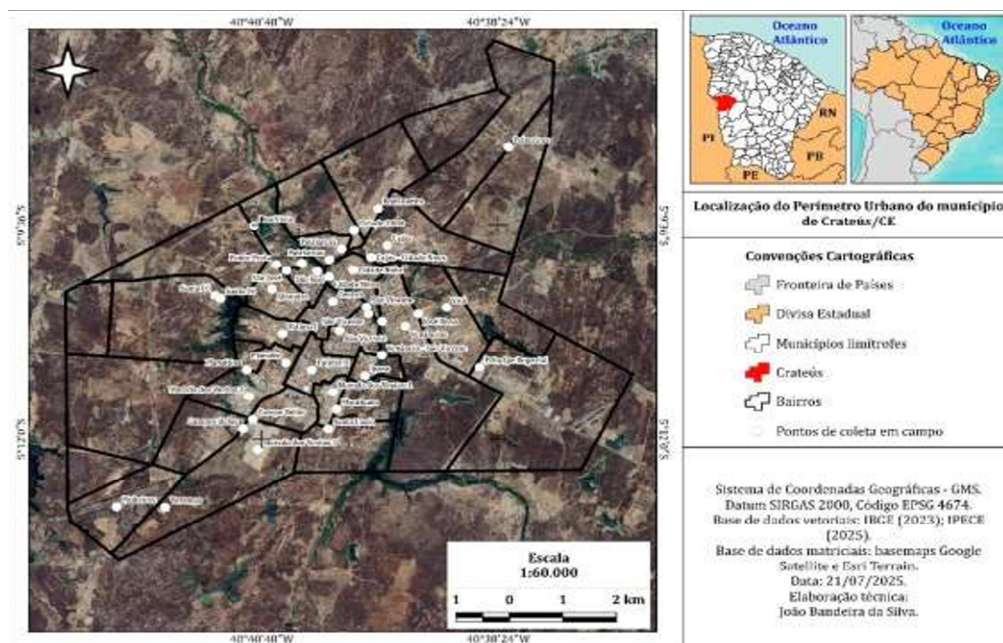
O perímetro urbano do distrito sede do município de Crateús, no estado do Ceará, encontra-se integralmente inserido em seu contexto ambiental e geomorfológico na Bacia do Rio Poti. A correlação contextual a ser trabalhada em ambos os aspectos, ou seja, o ambiental e o geomorfológico estão interligados pelos processos e com a dinâmica do Rio Poti.

A formação e a relação entre o contexto ambiental e geomorfológico com o processo e com a dinâmica do Rio Poti, não somente contribuíram na constituição do cenário do Perímetro Urbano do distrito sede de Crateús, mas também dos seus problemas ambientais recorrentes e estruturais.

Os problemas de ordem ambiental e geomorfológica são recorrentes e estruturais em um Perímetro Urbano quando sua gênese e expansão não estão pautados no planejamento, ordenamento e Uso e Ocupação pertinentes. A inexistência de planejamento e ordenamento do Uso e Ocupação do Perímetro Urbano de Crateús contribuiu na contaminação dos recursos hídricos, na devastação da fauna, flora na intensificação do desgaste das formas dos relevos e do contexto geomorfológico geral mediados e impulsionados pela expansão e a criação de novos bairros e assim, de novas áreas urbanizadas, o que intensifica e amplia as desigualdades presentes na paisagem urbana do distrito sede.

A paisagem urbana analisada e a ser caracterizada possui 62,24 km<sup>2</sup> de extensão territorial e é composta por 31 bairros. É importante centro político, comercial, educacional e econômico da porção oeste do Ceará. Inserida e constituída, totalmente, na região do Semiárido Nordeste é a sede da Região Intermediária e da Região Imediata de Crateús, abrange 13 municípios em sua delimitação territorial. A área é cortada na direção SE-NE

pelo canal principal do Rio Poti, onde surgiu e expandiu seu Perímetro Urbano (Figura 1). A extensão territorial do município soma um total de 2.981,46 km<sup>2</sup> e possui uma distância de 350 km da capital estadual Fortaleza pelas BR-020 e BR-226.



**FIGURA 1** – Mapa de Localização do Perímetro Urbano do município de Crateús/CE

**FONTE:** Arcevo dos autores, 2025.



A relativa homogeneidade da formação na Superfície Aplainada sob a qual o Perímetro Urbano de Crateús foi constituído, apresentou diferentes níveis de elevação (Tabela 1) e alterações em sua superfície por diferentes agentes. A média de elevação é de 292, 80 metros distribuídos em uma extensão territorial do Perímetro Urbano de 62,24 km<sup>2</sup>, o que confirma os dados vistos no mapa de hipsometria e corrobora com as características da formação Superfície Aplainada.

**TABELA 1** – Georreferenciamento dos Bairros e sua Altimetria.

Ponto	Coordenadas (m)		Elevação (m)	Bairro	Ponto de Referência
	X	Y			
1	0314731	9426414	269	Fátima II	Guarda Municipal
2	0314247	9426558	290	Planalto	ETA - Cagece
3	0314182	9427163	290	Fátima I	Unidade Básica de Saúde
4	0313510	9426415	296	Planaltina	Unidade Básica de Saúde
5	0313552	9425869	299	Morada dos Ventos 2	Praça da Morada dos Ventos 2
6	0313630	9425392	299	Campo Velho	Areninha de Crateús
7	0313721	9424760	299	Morada dos Ventos 3	Praça da Morada dos Ventos 3
8	0313446	9425207	303	Campos Belos	Detran
9	0312918	9427957	300	Santa Fé	Balneário Municipal de Crateús
10	0313978	9428093	290	Altamira	Igreja Católica de Altamira
11	0314058	9428600	276	Ponte Preta	Pontirão
12	0314253	9428474	275	São José	Unidade Básica de Saúde
13	0313639	9429398	280	Boa Vista	Estação de Tratamento de Esgoto
14	0315125	9427839	281	Centro	Igreja Católica da Matriz
15	0315247	9427234	287	São Vicente	Igreja de São Vicente
16	0315128	9425959	302	Morada dos Ventos 1	Praça da Morada dos Ventos 1
17	0315192	9425604	304	Maratuam	Unidade Básica de Saúde
18	0315044	9425203	307	Santa Luzia	Igreja de Santa Luzia
19	0315730	9426301	289	Ipase	Unidade de Negócio Bacia dos Sertões de Crateús
20	0316481	9427322	299	Venâncios	Igreja Nossa Senhora de Fátima
21	0315963	9429763	296	Bom Retiro	Creche Bom Retiro
22	0315519	9429308	289	Cidade 2000	Escola José Freire Filho
23	0315282	9428926	291	Patriarcas	Unidade Básica de Saúde
24	0316141	9428998	295	Cajás	Creche
25	0315502	9428485	286	Cidade Nova	Igreja Imaculada Conceição
26	0316721	9427579	297	José Rosa	Parque de Vaquejada Pedro Moacir
27	0317254	9427720	290	Vitô	Fazenda Víctor
28	0317879	9426477	308	Príncipe Imperial	Universidade Federal do Ceará - UFC
29	0311993	9423566	295	Veremos	Universidade Estadual do Ceará – UECE
30	0311080	9423575	302	Pinheiros	Aeroporto
31	0318403	9431043	293	Palmeiras	Entrada do Palmeiras

FONTE: Arcevo dos autores, 2025.



A partir da discussão apresentada acima, o objetivo do trabalho é caracterizar, baseado na Análise Geossistêmica de Bertrand (1972;2009), o contexto ambiental e geomorfológico da Bacia do Rio Poti no Perímetro Urbano de Crateús, Ceará. Os instrumentos usados como aporte que variaram desde GPS, registros fotográficos documentos oficiais do poder público executivo e legislativo municipal.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O caminho metodológico adotado pelos autores foi o Geossistêmico de Georges Bertrand (1972; 2009). Com o intuito de analisar e compreender a dinâmica da superfície de um Perímetro Urbano, com peculiaridades e diversidades próprias, a escolha de uma metodologia que se apresenta de maneira geral e, ao mesmo tempo, *stricto sensu* foi considerada adequada para analisar e caracterizar o Perímetro Urbano do distrito-sede de Crateús em seu caráter ambiental e geomorfológico, mediado pelas constantes e consolidadas intervenções antrópicas. O caráter técnico da pesquisa fundamentou-se em quatro fases principais. A primeira foi o levantamento e a análise bibliográfica. A segunda, a análise cartográfica, que incluiu desde mapas antigos até os atuais, além de imagens de satélite. A terceira consistiu na análise da paisagem em campo nos 31 bairros que integram e formam o distrito-sede, realizando registros fotográficos com o auxílio de um *smartphone* e a marcação da altimetria e localização de cada ponto visitado por meio de um GPS (*Global Positioning System*). Por último, o trabalho de gabinete, relativo à compilação dos dados para a escrita do artigo.

O levantamento bibliográfico foi constituído pelo estudo e a compreensão de autores da ciência geográfica que constituem experiências com a temática da Análise Ambiental e a Geomorfologia Urbana (e.g. Casseti, 1991; Sudo; Leal, 1997; Almeida; Carvalho, 2009; Baptista; Cardoso, 2016; Soares et al. 2023; et al. 2024). A discussão com os autores que trabalham com a análise ambiental contribuiu na possibilidade de reconhecimento dos elementos que formam o recorte lócus do trabalho e as relações entre esses que são os constituintes da paisagem urbana recriada e caracterizada. Os autores que contribuíram com a Geomorfologia Urbana, possibilitaram a compreensão dos processos e dinâmicas que atuaram na formação da Paisagem Urbana e as alterações presentes em seu contexto geomorfológico e nas formas de relevo então identificadas.

Os mapas antigos e os de produção recentes a data desse trabalho, foram em sua maioria de instituições como o IBGE, Serviço Geológico do Brasil e das Universidades. Os mapas serviram de base para compreender as alterações sofridas pelo Perímetro Urbano ao comparar ambos os produtos cartográficos. As análises das imagens de satélites possibilitaram uma visão precisa da configuração do Perímetro



Urbano, indo desde os limítrofes municipais aos agentes ambientais e aos problemas socioambientais aos quais foram registradas pelo aparelho de *smartphone* da marca Xiaomi Note Pro 12, apresentando uma qualidade de câmera de 50 mp. O GPS, registrou 31 pontos referentes aos bairros visitados e mais 10 pontos extras de importância para análise e sua caracterização. Os pontos de referências utilizados para a marcação das coordenadas foram instituições públicas, religiosas e de convívio social comum pelos civis. O campo foi realizado com o auxílio de Técnico em Geologia do Laboratório de Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC) e de um Agente de Segurança Pública da Guarda Municipal do Município de Crateús em um carro particular.

Por último, as leituras realizadas, os mapas analisados e as observações realizadas em campo serviram para a constituição dos resultados desse trabalho. Como resultado dos dados compilados e sistematizados, deram como produtos mapas e a caracterização ambiental e geomorfológica do perímetro urbano de Crateús.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização dos Constituintes Ambientais da Área de Estudos

Consoante com Ab'Saber (2003) e Oliveira (2020), o domínio bioclimático predominante na área de pesquisa são as caatingas semiáridas, efetivamente, os volumes pluviométricos são variantes e não superiores a 800 milímetros/ano até os anos de 2020 (Figura 2). Segundo o INMET (2024), as precipitações médias apresentadas foram de 633 mm a 1000 mm entre mínimas e máximas, respectivamente, no predomínio municipal. As temperaturas médias somavam em seu contexto municipal mínimas de 22,2 °C a máximas de 26,2 °C. No Perímetro Urbano, a média de precipitação somou entre mínimas e máximas cerca de 726-780 mm, respectivamente. As temperaturas médias foram entre mínimas e máximas cerca de 25,3 °C a 26,2 °C, respectivamente.

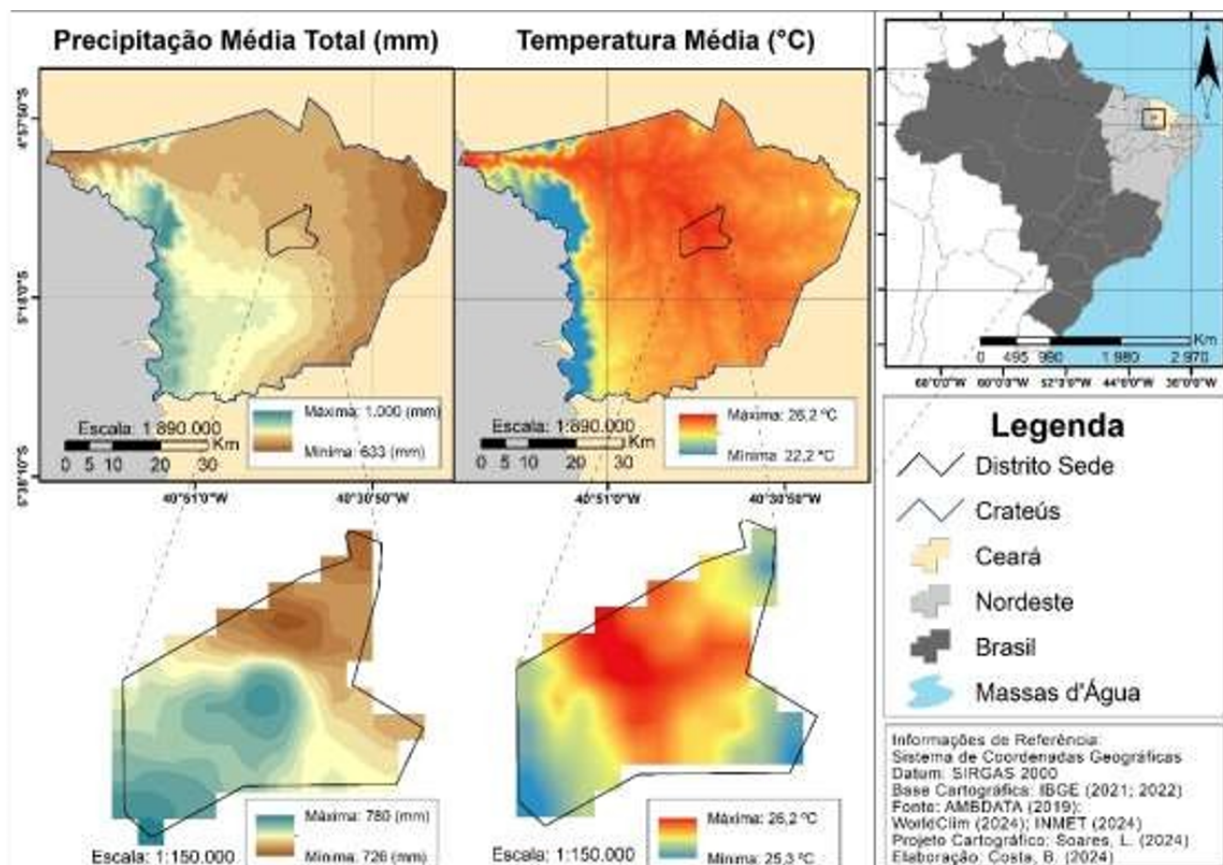
O recorte temporal é anual. Os dados de temperatura seguinte são quantitativos médios mensais. As massas climáticas da atmosfera que influenciam a região são duas: Massas de ar Equatorial Atlântica (mEa) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). As estações são bem definidas: chuvosa e seca, respectivamente. Os meses iniciais (janeiro-junho), as temperaturas mínimas e máximas variam de 22°C a 26°C. Nos meses finais (julho-dezembro), entre 20°C a 30°C, ocorrem variações mais bruscas entre os turnos do dia e da noite.

De acordo com Carneiro (2022) e Soares et al. (2023; 2024), o município de Crateús está totalmente inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Poti. Cerca de 30% da extensão territorial total da Bacia Hidrográfica está no Ceará, ou 14.171. 714 km<sup>2</sup> e os



70%, ou 37.699.037 km<sup>2</sup> estão em território piauiense. Para Kellerhals et al. (1976), a classificação do canal fluvial do Rio Poti é uma variação entre sinuoso – irregular e a morfologia do canal fluvial é anostomosado sob um substrato rochoso do tipo gnáissico orto-derivado (Figura 3) (Chritofoletti, 1981). Como um rio intermitente apresenta bancos de sedimentos de variados tamanhos de idade cenozoica entre uma do canal que varia no perímetro urbano entre 30-110 metros no seu curso principal.

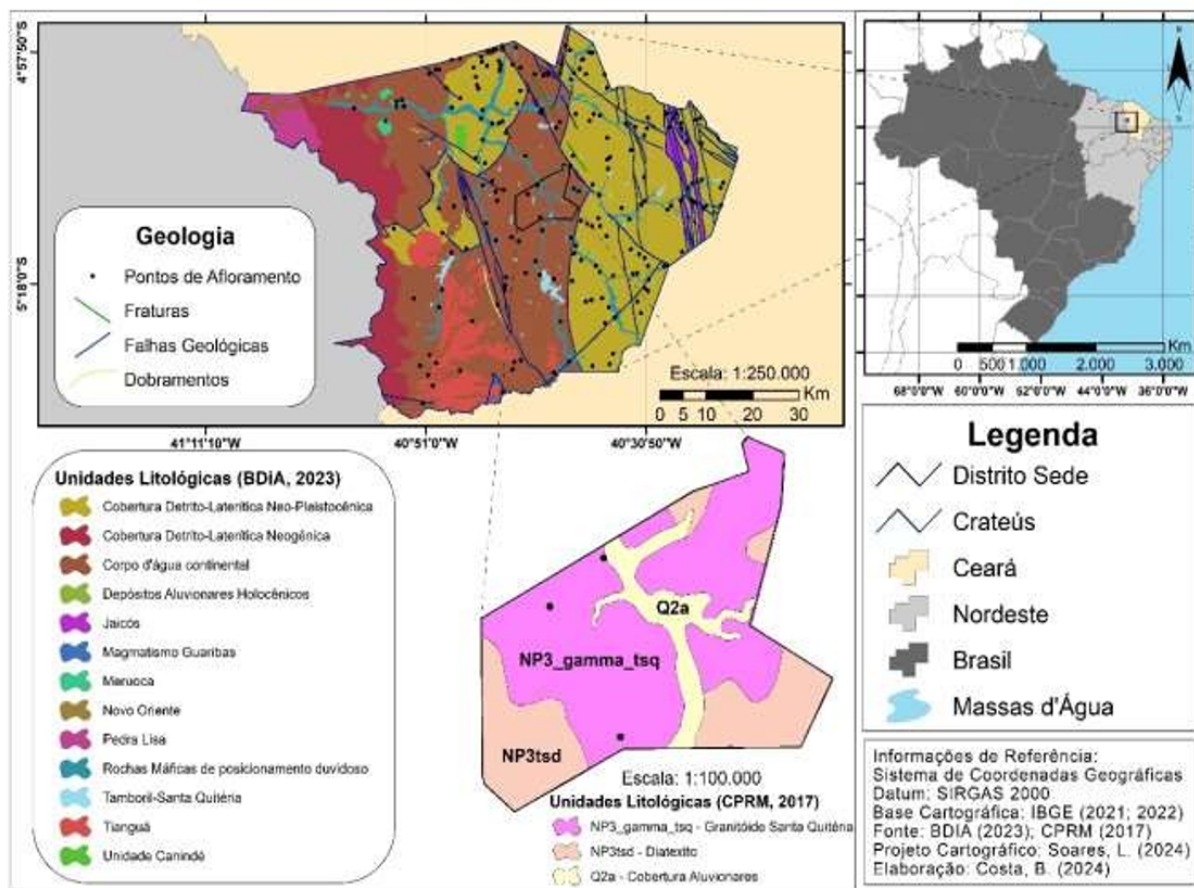
**FIGURA 2** – Mapa do Clima do município de Crateús e do seu Perímetro Urbano.



**FONTE:** Arcevo dos autores, 2024



FIGURA 3 – Mapa Litológico de Crateús e do seu Perímetro Urbano.



**FONTE:** Arcevo dos autores, 2024

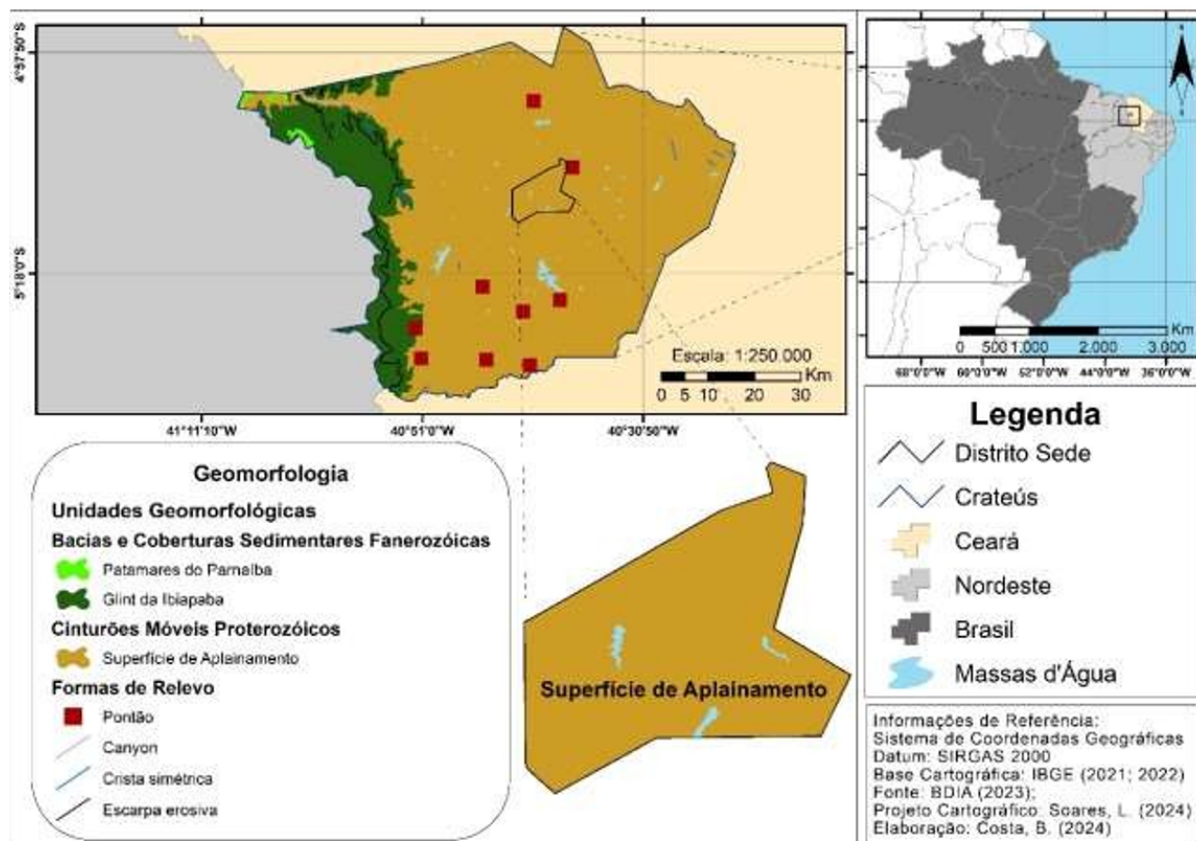
O contexto litológico do território de Crateús apresenta cerca de 13 unidades segundo o Serviço Geológico do Brasil/CPRM (2017) e o Banco de Informações Ambientais (2023). As Unidades Litológicas encontradas em todo o território municipal de Crateús segundo o BdIA (2023), são: Cobertura Detrito-Laterítica Neo-Pleistocênica (amarelo), Cobertura Detritico-Laterítica Neogênica (vermelho vinho), Migmatitos Neoproterozoicos (Complexo Tamboril-Santa Quitéria em marrom), Depósitos Aluvionares Holocênicos (verde alga), Jaícos (em lilás), Magmatismo Guaribas (azul), Meruoca (azul claro), Novo Oriente (marrom claro), Pedra Lisa (lilás claro), Rochas Máficas de posicionamento duvidoso (azul turmalino), Tianguá (vermelho róseo), Unidade Canindé (Verde claro). No caso do Perímetro Urbano, apenas, três foram identificadas: (NP3\_gamma\_tsq) Granitoides Santa Quitéria, (NP3tsd) Diatexito e as (Q2a) Coberturas Aluvionares.

O perímetro urbano no contexto geomorfológico (Figura 4) está sob o embasamento do tipo cristalino de idade do Pré-Cambriano. O relevo predominante é a superfície intemperizada, erodida e aplainada. Os tipos principais de sedimentos acumulados variam do arenoargilosa à areno-siltico. No caráter geral, a Planície



é predominantemente aluvionar (Soares et al. 2023; 2024). Os levantamentos hipsométricos (Figuras 6), mostraram que as altitudes mínimas e máximas no contexto do município variam entre 215 e 832 metros, respectivamente. No perímetro urbano, essas altitudes decaem para 269 e 324 metros, respectivamente.

**FIGURA 4** – Mapa de Geomorfologia de Crateús e do seu Perímetro Urbano.

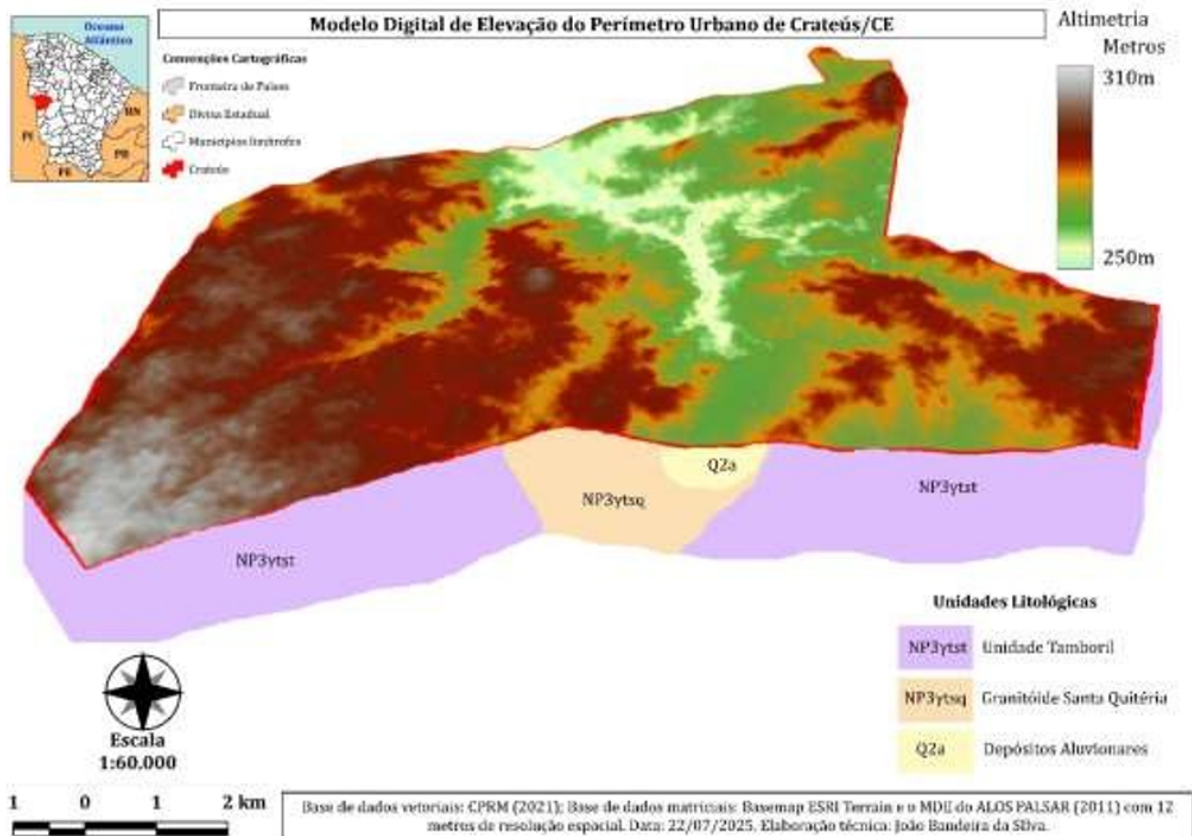


**FONTE:** Arcevo dos autores, 2024.

A Geomorfologia do município apresenta três Unidades Geomorfológicas. A primeira, é a Bacia e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas com formações de Patamares do Parnaíba e o *Glint* da Ibiapaba. A segunda são os Cinturões Móveis Proterozóicos com a predominante Superfície de Aplainamento. A terceira e última são formas de relevos pontuais como: Pontões, cânions, crista simétrica e áreas escarpadas pela erosão. No contexto geomorfológico do Perímetro Urbano, é marcado por um relevo superficial aplainado, suavemente ondulado, desgastado e dissecado. A estabilidade climática e a ação erosiva fluvial atuaram de forma direta no substrato de uma rocha de formação antiga e exposta pelas águas do seu marco e nível erosional, na qual serviu de base para o uso e ocupação pelas atividades da agropecuária e residencial.



**FIGURA 5** – Mapa do Modelo Digital de Elevação do Perímetro Urbano de Crateús/CE

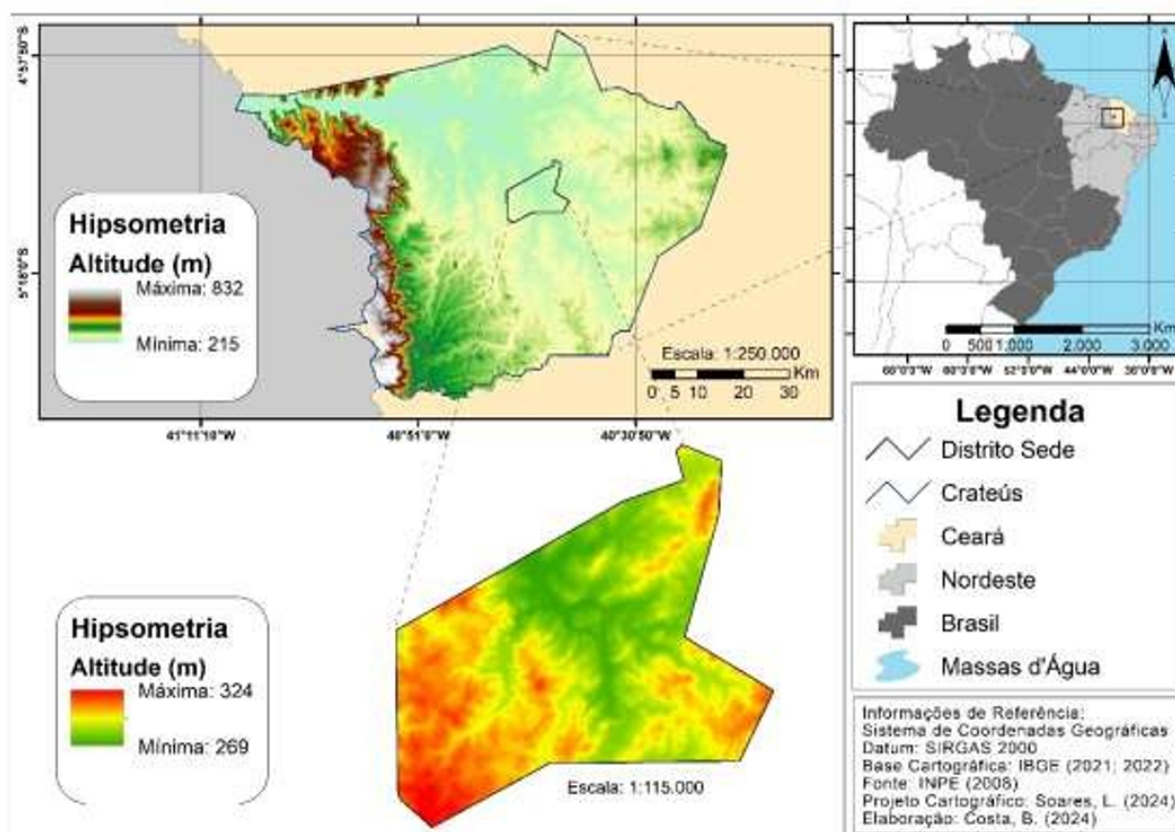


**FONTE:** Arcevo dos autores, 2024.

Na figura 5, que apresenta o Modelo Digital de Elevação (MDE) do Perímetro Urbano de Crateús/CE, mostra uma variação mínima de 250 m e uma máxima de 310 metros com decaimento em direção S-N. Essa variação é resultado de uma confluência entre a divisão do Supercontinente Gondwana no Jurássico (~180 milhões de anos) e com o aumento das tensões pela sua divisão na porção noroeste-nordeste no Ceará e o soerguimento associado com a reorganização dos níveis de base surgiu no relevo do estado do Ceará a flexura marginal, ou seja, um relevo elevado ao sul e decaindo em direção ao norte em termos de altitude. Com a erosão pluvio-fluvial, dissecou e formou os vales naturais urbanos que o Perímetro Urbano foi construído e consolidado.



FIGURA 6 – Mapa Hipsométrico de Crateús e do seu Perímetro Urbano.

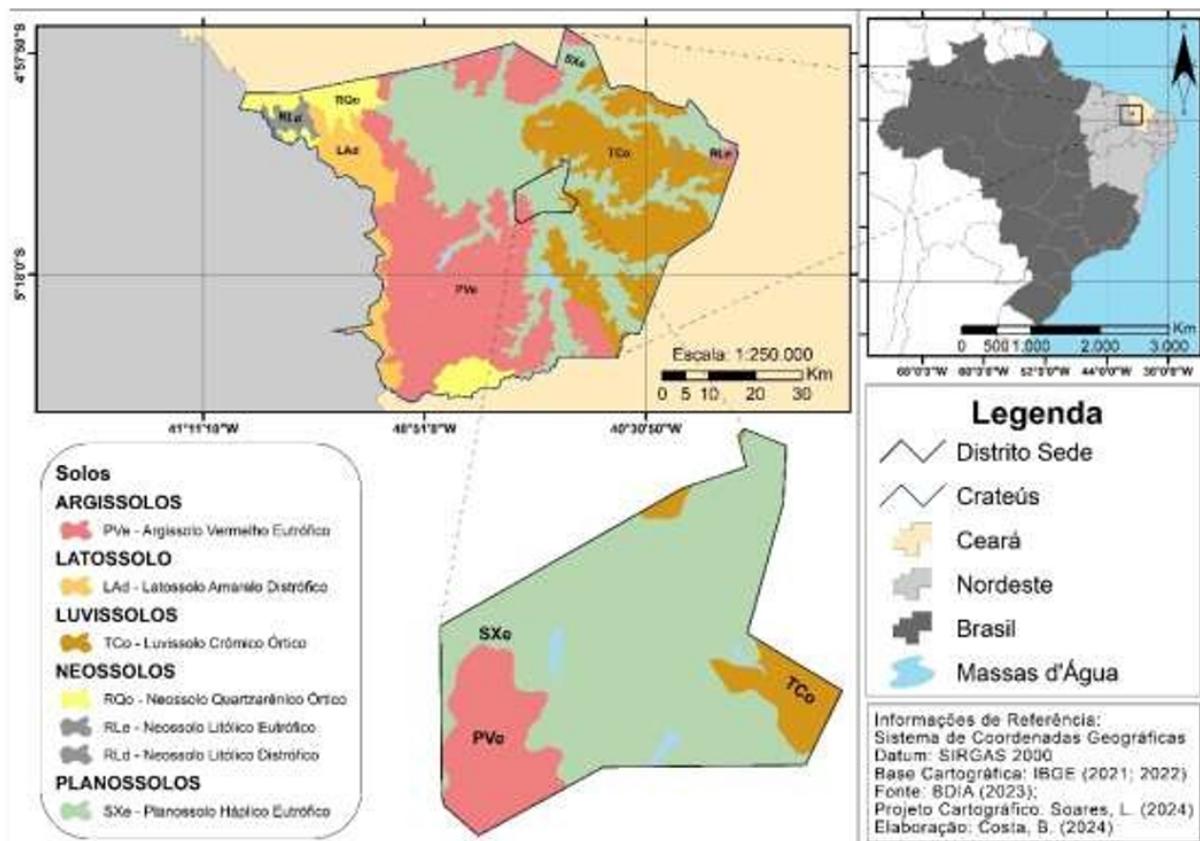


FONTE: Arcevo dos autores, 2024

A pedologia predominante, consoante o site da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA, 2023), a partir dos dados da Infraestrutura de Dados Espaciais Embrapa (GEOINFO), os solos principais no contexto geral são cinco tipos. As tipologias de solos encontrados e mapeados no território municipal são: os Argissolos Vermelho Eutrófico (PVe), Latossolos Amarelo Distróficos (LAd), Luvisolos Crômico Órtico (TCo), Neossolos Quartzarênicos Órtico (RQo), Neossolo Litólico Eutrófico (RLe), Neossolo Litólico Distrófico (RLd) e o Planossolo Háplico Eutrófico (SXo). Apenas, três estão no Perímetro Urbano e eles são: Argissolos Vermelho Eutrófico (PVe); Luvisolo Crômico Órtico (TCo) e; Planossolo Háplico Eutrófico (SXe) (Figura 7).



FIGURA 7 – Mapa de Solos do município de Crateús e do seu Perímetro Urbano.

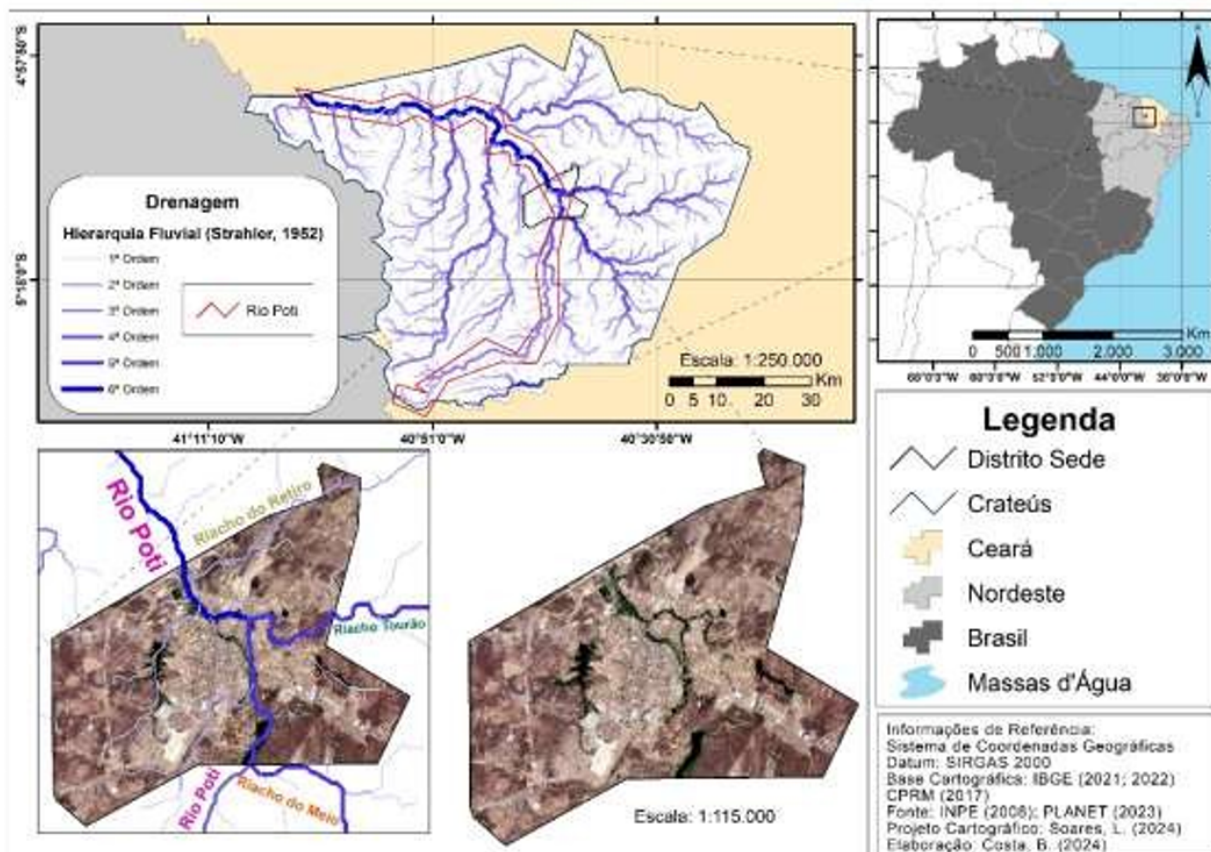


**FONTE:** Arcevo dos autores, 2024

A tipologia da drenagem no perímetro urbano é dendrítica (Christofoletti, 1981). A erosão fluvial nas margens e associada com a remoção da vegetação ciliar, formam ravinas, cujo fluxo fluvial atua como tributários na estação chuvosa. Na estação seca, a continuidade do fluxo hídrico no canal principal é reduzida, e assim formam-se grandes poças com água fora e dentro do Perímetro Urbano. O fluxo hídrico, por onde o seu canal principal drena as águas que recebe possui dois canais principais no Perímetro Urbano: o canal esquerdo (de maior extensão com um total de 5 km desde a Barragem do Batalhão, marco da entrada do rio na cidade) até a CE-447 (marco da sua saída); o outro canal é o direito com uma extensão de 2,7 km (iniciado na Passagem Molhada que liga os Bairros: Venâncio ao São Vicente), o qual reencontra o canal esquerdo entre os limítrofes dos bairros: São José, Patriarcas e Cidade Nova. Em ambos os canais a largura varia cerca de 30-110 metros. O Rio Poti possui três cursos fluviais afluentes são eles: o Riacho Tourão, do Meio e do Retiro (Figura 8).



Figura 8 – Mapa de Hidrológico de Crateús e do seu Perímetro Urbano.

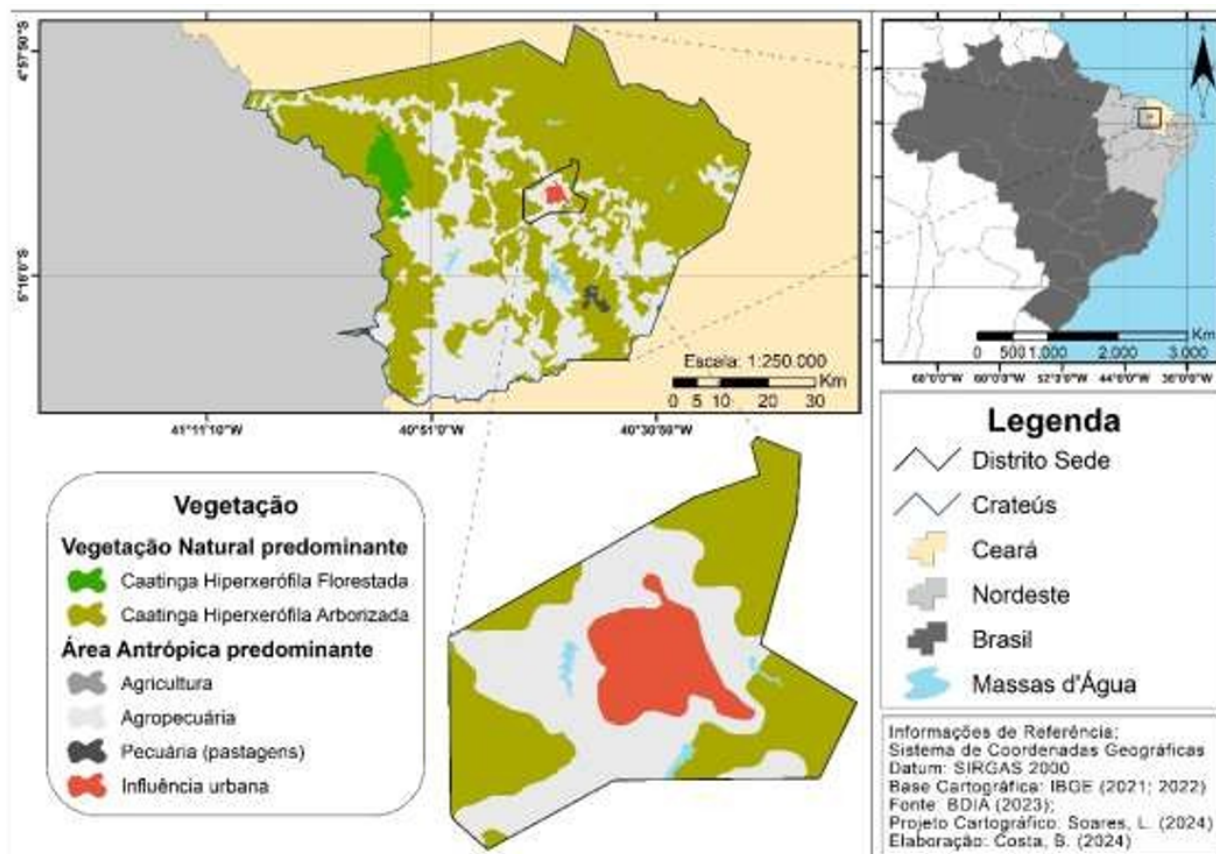


FONTE: Arcevo dos autores, 2024

O tipo de vegetação encontrada ao longo do leito do rio, variam de espécies nativas, exóticas e invasoras como o caso da Boca-de-Leão (*C. madagascariensis*) (Figura 9). As espécies nativas vistas foram: Oiticica (*Licania rígida*), Carnaú ba (*Copernicia prunifera*), Cajá (*Spondias mombin*) e outras espécies de gramíneas ou arbustivas. As espécies exóticas, tem-se a monodominância da espécie denominada de Algaroba (*Prosopis juliflora*) nas margens do rio, principalmente, cuja intervenção humana é longa e efetiva (Corrêa, 1931; Fabricante, 2013).



FIGURA 9 – Mapa de Vegetação do município de Crateús e do seu Perímetro Urbano



**FONTE:** Arcevo dos autores, 2024.

O predomínio da vegetação divide sua ocupação natural com atividades humanas. A tipologia vegetacional é composta por dois tipos principais: Caatinga Hiperxerófila Florestada concentrada nas áreas adjacentes e a Caatinga Hiperxerófila Arborizada concentrada entre o que configura como o Perímetro urbano. No contexto perimetral urbano, a vegetação divide espaço com atividades como a agricultura, agropecuária, pecuária (pastagens) e a própria urbanização que deu origem ao distrito sede.

## Discussão: os principais elementos geomorfológicos e socioambientais

A pesquisa sobre o ponto de vista da Geomorfologia do Perímetro Urbano de Crateús apresentou formações com uma altimetria diversa, uma morfologia dissimétrica, um processo de formação evolutiva mediada pela intensa ação e intervenção de agentes exógenos (pluvial e fluvial) e antrópicos.

O relevo predominante é a Superfície Aplainada. Essa formação é caracterizada por uma relativa homogeneidade quanto aos valores de sua altimetria, a existência de formas geomorfológicas importantes, diversas e suaves ondulações causadas pelo fluxo hídrico comum à drenagem dendrítica. O relevo esculpido gerou uma superfície



aplainada, com pequenos morros suavemente ondulados, desgastados e dissecados pela erosão plúvio-fluvial (Chuvas e do Rio Poti) que também sofre as intervenções humanas. A homogeneidade natural da Superfície Aplainada quando se insere na realidade intrínseca do Perímetro Urbano de Crateús é transformada pelas ações, intervenções e transformações humanas. A desigualdade social e as disparidades referentes a qualidade ambiental e visual da cidade (figura 10), reforçam a inexistência de uma preocupação com o desenvolvimento igualitário e acessível pela população em vulnerabilidade social, econômica e cultural.

Baseado no Censo realizado pelo IBGE (2022), em termos quantitativos, o município configura com positivos resultados. Contudo, são nos qualitativos que há a necessidade de avanços e alinhamentos para com os quantitativos. De um lado a expansão de bairros com modernas instituições e equipamentos públicos e do outro lado, bairros historicamente ocupados, mas sem instituições e equipamentos públicos efetivos e preocupados com a transformação social e a estruturação, cujo intuito são o desenvolvimento uniforme do Perímetro Urbano. Os dados a seguir e os registros fotográficos reforçam a realidade discriminada ao longo do texto.

O IBGE (2022) contabilizou uma população total de no município de 76.390 habitantes e uma concentração demográfica de 25,62 hab./km<sup>2</sup>. Entre 50,3%, ou mais da população total sustentam e suprem suas necessidades básicas com meio-salário mínimo per capita e somente 9,9% é ocupada formalmente (8.377). A população majoritária é feminina com 51% (39.220) e 49% (37.170) é masculina. No quesito educacional 82,1% (50.413) são alfabetizados e somente 17,9% (10.976) não são alfabetizados.

Essa população está distribuída em seus domicílios, nas quais 50,49% estão conectados à rede de esgotos, 78,5% são abastecidos pela rede geral de água, 94,82% possui banheiro de uso exclusivo e 80,55% têm coleta de lixo. A população residente em favelas apresenta um total mínimo de 0,7% (500) vivendo em favelas e 99,3% (75.890) residente fora de áreas favelizadas. No seu conjunto populacional por situação domiciliar 73,2% (55.929) são uma população urbana e 26,8% (20.461) são ruralizadas. A formação e níveis de instrução da população em sua maioria, ou cerca de 45% (26.023), apresenta-se sem instrução e fundamental incompleto, 15,6% (17.346), fundamental completo e médio incompleto 15,6% (9.016), Médio Completo e Superior Incompleto 30% (17.346) e 9,5% (5.487) com o Superior Completo.



A população convive com uma área total de 95,5% arborizada, resultado de investimentos e políticas dedicadas a sustentabilidade. As vias somam 89,18% com pavimentos e 99,46% com iluminação pública. Ao todo, a preocupação com a utilização de transportes alternativos como as bicicletas são pautas que ainda precisam avançar, pois apenas 0,5% estão sinalizadas e em uso pela população.

A alteração das formas, processos e dinâmicas no relevo urbano é necessária para a ocupação dos seres humanos e o desenvolvimento das suas atividades comerciais, econômicas e culturais. Em áreas, ou regiões, cuja dependência e as proximidades com corpos hídricos é fundamental para o desenvolvimento dos perímetros urbanos, segundo Almeida e Carvalho (2009), Baptista e Cardoso (2016), Fagundes (2022) é comum intensas políticas de modificação da Paisagem e da dinâmica de seus elementos para a ocupação e a redução dos seus impactos como o caso dos rios.

Para Fujimoto (2005) e Pedro (2016), essas ações em uma escala temporal longa, intensifica e amplia os problemas socioambientais. As ações mais comuns são: terraplanagem, aplainamento, retificação de fluxo de drenagem, o arruamento, impermeabilização do solo, loteamentos, aterramentos fazem parte do conjunto de modificações nos perímetros urbanos (Figura 10).

O Perímetro Urbano de Crateús apresenta ao longo do leito do rio, acúmulo de resíduos sólidos, aplainamento inadequado, retificações de fluxos de drenagens que ampliam para as populações locais dos bairros a susceptibilidade às inundações, contaminação por doenças infectocontagiosas, desigualdades estruturais e funcionais dos bairros, ou seja, alguns com uma ampla concentração de serviços e outros apenas com interesses imobiliários, também existem ocupações irregulares que não empregam os termos e técnicas de engenharia para residências e assim de ruas com padrões de estruturação modernas e uniformes.



**FIGURAS 10** – Problemas Socioambientais do Perímetro Urbano de Crateús.



**FONTE:** Arquivo Pessoal de Leandro Soares, 2025.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intensificação massiva de ações de expansão do perímetro urbano de Crateús sem planejamento e a inexistência de aplicação de ordenamento territorial pelo poder público proporcionou a consolidação de uma paisagem urbana com dualidades profundas e explícitas, seja pelos problemas ambientais que envolvem a poluição pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos, seja pela degradação do canal principal do Rio Poti como seu estrangulamento, supressão da mata ciliar e adjacente, seja pela exposição constante da população às inundações, contaminações pelos agentes parasitários que causam doenças infectocontagiosas e outros problemas urbano-ambientais.

Com estas considerações e ponderações, coloca-se que a presente pesquisa levanta a atenção para carência de dados sobre as modificações causadas pelo homem no vale do rio no âmbito do perímetro urbano do distrito sede de Crateús, o que se faz necessário e urgente em uma paisagem urbana que caminha entre a ideia do desenvolvimento e as aflições da desigualdade social, econômica e ambiental.



## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.
- ALMEIDA, L. Q. de; CARVALHO, P. F. de. A negação dos rios urbanos numa metrópole brasileira. 2009.
- BAPTISTA, M. B.; CARDOSO, A. S. Rios e cidades: uma longa e sinuosa história. Revista da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 124-153, 2016.
- BERTRAND, G. C. Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das territorialidades. Organização de Messias Modesto dos Passos. Maringá: Massoni, 2009.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: um esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra, São Paulo, n. 13, 1972. 27 p.
- CARNEIRO, C. da S. Levantamento dos Sistemas Ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Poti – Ceará/Piauí - Brasil. 2022. 137 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2022.
- CASSETI, V. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo: Contexto, 1991.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.
- CORRÊA, M. P. Dicionário das plantas uteis do Brasil e das exóticas cultivadas. 1931. p. XXII, 707.
- EMBRAPA. Mapa de Solos do Brasil. [S.l.]: EMBRAPA. Disponível em: [http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil\\_solos\\_5m\\_20201104](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104). Acesso em: 25 jul. 2023.
- FABRICANTE, J. R. Plantas Exóticas e Exóticas Invasoras da Caatinga. v. 1. [S.l.]: Bookess, 2013.
- FAGUNDES, B. Rios urbanos e a política de canalização. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 32, p. 396-406, 2022.
- FUJIMOTO, N. S. V. M. Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na geomorfologia urbana. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 16, p. 76-80, 2005.
- IBGE. Aglomerados Subnormais. [S.l.]: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 3 nov. 2020.
- IBGE. Censo Demográfico 2010. [S.l.]: IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/CA/A/Q>. Acesso em: 1 maio 2023.
- IBGE. Censo Demográfico 2022. [S.l.]: IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/CA/A/Q>. Acesso em: 1 maio 2023.
- IBGE Cidades. Panorama: Crateús. [S.l.]: IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/crateus/panorama>. Acesso em: 28 jul. 2023.
- KELLERHALS, R.; CHURCH, M.; BRAY, D. I. Classification and Analysis of river processes. Journal of Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers, Reston, v. 102, p. 813-829, 1976.
- MADUREIRA, H. Os tempos dos rios e das cidades. Revista Convergência Crítica, [S.l.], n. 7, 2015.
- OLIVEIRA, J. R. F. de. O clima urbano em cidade de pequeno porte no semiárido cearense: o caso de Crateús. 2020. 151 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- PEDRO, L. C. Geomorfologia Urbana: Impactos no Ambiente Urbano Decorrente da Forma de Apropriação, Ocupação do Relevo. Geografia em Questão, [S. l.], v. 4, n. 1, 2011. DOI: 10.48075/geoq.v4i1.4277. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/4277>. Acesso em: 26 jul. 2023.
- REZENDE, G. B. de M.; ARAÚJO, S. M. S. de. As cidades e as águas: ocupações urbanas nas margens de rios. Revista de Geografia, Recife, v. 33, n. 22, 2016.
- SGB/CPRM. RIGeo - Repositório Institucional de Geociências. [S.l.]: SGB/CPRM, 2023. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/simple-search?query=crateus>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- SOARES, F. L. C. et al. Urban Geomorphology and Environmental Problems in Poti River Plain in Crateús, Northeast Brazil. Journal of Environmental Geography, [S. l.], v. 17, n. 1-4, p. 91-99, 2024.
- SOARES, F. L. da C. et al. O uso e ocupação das planícies do Rio Poti no município de Crateús, Ceará. In: ENANPEGE, 15., 2023, Campina Grande. Anais [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/93906>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- SUDO, H.; LEAL, A. C. Aspectos geomorfológicos e impactos ambientais da ocupação dos fundos de vales em Presidente Prudente–SP. Revista Natureza, Uberlândia, p. 362-366, 1997. Número especial.



# MAPEAMENTO DE FEIÇÕES DE RELEVO TECNOGÊNICAS DA BACIA DO RIO JAPUÍBA, ANGRA DOS REIS, RJ

Fabiana Peres de Freitas<sup>1</sup>  
Telma Mendes da Silva<sup>2</sup>

Este trabalho compõe parte da tese de doutorado intitulada "Mecanismos evolutivos de bacias de drenagem em diferentes escalas de tempo – rio Japuíba (Angra dos Reis, RJ)", defendida pela autora Fabiana Freitas em abril/2025 no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG/UFRJ).

**PALAVRAS-CHAVE:** Antropoceno, Tecnógeno, classificação de feições de relevo, mapeamento geomorfológico, bacia de drenagem.

## RESUMO

O presente trabalho visa identificar e mapear as alterações antropogênicas na bacia do Rio Japuíba, em Angra dos Reis (RJ), visando contribuir para a gestão e a avaliação do potencial de seus recursos hídricos. A bacia, com 38,4 km<sup>2</sup>, engloba os rios Japuíba e Cabo Severino, e apresenta um relevo que varia de serrano a planícies fluviais no médio-baixo curso. Apesar de abrigar uma Área de Proteção Ambiental (APA), com a finalidade de proteger remanescentes da Mata Atlântica e mananciais hídricos, a intensa ação antrópica tem gerado degradação e alterado o equilíbrio ecológico e biológico da área. Aplicando a metodologia de mapeamento de feições tecnogênicas proposta por Moura et al. (2023), o estudo reconheceu e mapeou processos de agradação e degradação ocorrentes na bacia, distinguindo aqueles de natureza induzida (mudanças em erosão e sedimentação) e aqueles produzidos por modificações diretas no terreno. A análise de documentos cartográficos e imagens de satélite (1985 a 2021) revelou que as feições tecnogênicas ocupam 9,49 km<sup>2</sup> (24,7%) da área total da bacia. As feições mapeadas foram classificadas em três níveis de análise: Elevações ou Superposições Tecnogênicas (dinâmica aditiva, 58,8% das feições); Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas (dinâmica subtrativa, 20,3%); e Equiformas Tecnogênicas (modificações diretas na estrutura do terreno, 20,8%). Em um segundo nível de classificação, foram mapeadas 17 formas distintas, incluindo Tecnoformas de acumulação (aterros, área construída, BR 101), Geotecnoformas de acumulação (depósitos de assoreamento e deslizamentos), Tecnoformas de Escavação (extração de saibro, retinização do rio) e Equiformas (áreas de agricultura e pecuária, túneis de antiga ferrovia e barragem de captação de água). O estudo demonstrou a variabilidade de gênese e morfodinâmica das interferências humanas, revelando a diversidade de mecanismos utilizados para a expansão urbana e o consequente impacto direto e indireto nos processos geomorfológicos naturais da bacia.

**1** Doutora em Geografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, [fabianafreitas.ufrj@gmail.com](mailto:fabianafreitas.ufrj@gmail.com)

**2** Professora do Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGG/UFRJ, [telmageo@gmail.com](mailto:telmageo@gmail.com)



## INTRODUÇÃO

O termo Antropoceno foi proposto por Paul Crutzen e Eugene Stoermer (2000), como uma nova época geológica caracterizada pela influência humana sobre o funcionamento do Sistema-Terrestre. Esse termo foi tratado inicialmente de maneira informal pelas ciências naturais ao abordar temáticas distintas, tais como mudanças climáticas globais, acidificação dos oceanos, biodiversidade, alteração dos ciclos biogeoquímicos do nitrogênio e fósforo, além da produção e acumulação de novos materiais antropogênicos. No âmbito das Geociências o viés estratigráfico (geocronológico) se deparou com dificuldades significativas, tanto no que se refere à questão da diacronia do registro antropocênico e da intensidade e abrangência das transformações ambientais associadas, como acerca das implicações para a sociedade, e para a relação desta com a natureza. A discussão tem se aprofundado ao redor do caráter necessariamente interdisciplinar desse novo campo de estudo, o que reflete na demanda de colaboração por pesquisadores de diferentes áreas fora das Ciências da Terra.

Ao longo das décadas de 2000 e 2010 houve amplo desenvolvimento teórico sobre esse tema nas geociências (Steffen *et al.*, 2011; Ruddiman, 2013; Waters *et al.*, 2014; dentre outros) que, de certo modo, deixou de lado contribuições antecessoras de grande importância, como o conceito de Tecnógeno ou “Quinário” (Ter-stepanian, 1988) e que já havia fornecido base para estudos da atuação geológico-geomorfológica na humanidade. No Brasil, a partir da década de 1990, tal temática fora nomeada como “Geologia do Tecnógeno”, “Abordagem Geotecnogênica” e “Antropogeomorfologia”.

Nas últimas décadas, houve desenvolvimento no Brasil de análises que buscam associar transformações na paisagem natural à história de modificação da paisagem e articulação aos registros deixados no terreno. Destaca-se as discussões realizadas nas décadas de 1990 e 2000 na obra de Peloggia; Oliveira (2014) que atribuem a denominação geotecnogênese ao conjunto desses níveis de ação transformadora e que pode ser dividida tanto para uma finalidade analítica, através da investigação da tecnogênese dos processos, como para uma avaliação da morfotecnogênese (construção de novas feições de relevo diretamente ligadas à ação de uso do solo; ou seja, a própria ação antrópica) com análise de uma tecnogênese de depósitos (da análise estratigráfica).

Deste modo, ao se estudar os mecanismos evolutivos dos depósitos sedimentares de uma bacia de drenagem não se deve mais deixar de lado o papel do ser humano que, ao alterar as formas do relevo, interferem no sistema hidrográfico e geram depósitos correlativos. Ressalta-se que na investigação de tais transformações recentes da paisagem, o conhecimento produzido pela análise de terrenos tecnogênicos pode se



fundamentar tanto na observação da realidade em campo<sup>3</sup>, mas também na denominada cartografia retrospectiva/evolutiva (Brunsden, 2003; Cunha; Queiroz, 2012; Paschoal *Et Al.*, 2013; 2016). Essa abordagem utiliza-se da investigação de mapas históricos para comparação e análise da dinâmica de uso e ocupação da terra e que são imprescindíveis na apreensão das alterações da paisagem.

O presente trabalho busca, portanto, avaliar o processo de transformação recente pelo que vem passando a bacia do rio Japuíba (Angra dos Reis, RJ), haja visto que esta é área de importância relevante para o município, pois é onde há o vetor de maior crescimento ocupacional, além de nela estar localizado o principal ponto de captação de água abastecedor da área central do município. Portanto, tem-se como objetivo principal elaborar um mapa de feições de relevo tecnogênicas da bacia, de forma a contribuir com o entendimento recente das alterações sofridas e assim indicar setores que necessitam de maior atenção nas políticas de planejamento municipal.

## METODOLOGIA

Os terrenos tecnogênicos são aqueles produzidos pela ação humana sobre a superfície e resultam da mobilização ou transformação *in situ* de materiais constituintes do manto de intemperismo, do solo superficial, do substrato rochoso ou de depósitos sedimentares (Peloggia *et al.*, 2014). Os processos geológico- geomorfológicos de agradação e degradação se distinguem daqueles promovidos pela ação antropogênica e ainda se diferem por sua natureza induzida frente a terrenos produzidos. Enquanto o primeiro se refere às transformações antropogênicas, envolvendo mudanças na intensidade dos processos de erosão e sedimentação, o segundo é efeito direto e artificial nos terrenos, com mobilização e depósito de materiais. Tem-se ainda àqueles em que há processos de transformação *in situ* com modificações nas características físicas, provocadas de forma direta ou indireta, intencional ou não, ligados à incorporação de novas substâncias em solos ou depósitos pré-existentes.

---

**3** Peloggia (2019) afirma que o método fundamental na avaliação de terrenos tecnogênicos é a análise morfoestratigráfica, pois esta permite traçar correlações entre as formas de relevo tecnogênicas e seus processos de formação com o registro deposicional correlativo.



Seguindo essa abordagem de análise, o Grupo de Trabalho Direcionado (GTD) do setor de relevo tecnogênico do SBCR<sup>4</sup>, composto por diversos especialistas brasileiros no tema do tecnógeno, apresentam uma proposta de classificação para as feições de relevo tecnogênicas (Quadro 1): o 1º. Nível (características associadas ao aspecto morfológico) referente às categorias da forma que é subdividido em quatro classes de relevo tecnogênicos

- Elevações e superposições (resultantes do acréscimo de materiais no terreno); Cicatrizes e depressões (retirada de materiais do terreno); Corrugações (morfologias associadas a terrenos revolvidos pela movimentação direta de materiais *in situ*); e Equiformas (esta classe refere-se à modificações em superfície ou de materiais em profundidade); e um 2º. Nível (características associadas a aspecto morfogenéticos) referente aos tipos de formas de intervenção e subdividida entre Tecnoformas (criadas diretamente pela agência humana) e Geotecnoformas (referentes àquelas induzidas): a categoria de elevações/superposições podem ser encontradas tanto as Tecnoformas de acumulação quanto Geotecnoformas de acumulação; as cicatrizes/depressões se subdividem em Tecnoformas de escavação ou Geotecnoformas de denudação; as Corrugações são diretamente relacionadas a ação direta de intervenção no terreno e, portanto, só teria as Tecnoformas de Turbação; e, por fim, as Equiformas seriam subdivididas nos tipos modificadas em superfície ou modificação em profundidade.

O reconhecimento das feições de relevo tecnogênicas foi realizado a partir da interpretação das imagens do *Google Earth Pro* dos anos de 1985, 1995, 2005, 2015, 2021 e 2023. Em complementação, foram também utilizadas imagens disponibilizadas pelo MapBiomas dos mesmos anos, com o intuito de identificar os diversos usos do solo que serviram como base, juntamente com o mapa de unidades de relevo do CPRM (2019), para identificação das feições tecnogênicas.

---

**4** O Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR) é um grupo organizado pelo IBGE, CPRM e a União da Geomorfologia Brasileira (UGB) que vem discutindo desde o ano de 2019 em Workshops isolados ou dentro de eventos científicos sobre a elaboração de um Manual de Classificação do relevo em distintos táxons.



**QUADRO 1-** Formas de relevo tecnogênico e aspectos da expressão no terreno e morfogênese.

FORMAS DE RELEVO TECNOGÊNICAS			
MORFOLOGIA		EXPRESSÃO NO TERRENO	MORFOGÊNESE
Categorias (1º Nível)	Tipos (2º Nível)		
ELEVAÇÕES E SUPERPOSIÇÕES TECNOGÊNICAS	Tecnoformas de Acumulação	Formas associadas a depósitos tecnogênicos construídos	Acréscimo direto de material
	Geotecnoforma de Acumulação	Formas associadas a depósitos tecnogênicos induzidos	Acréscimo induzido de material
CICATRIZES E DEPRESSÕES TECNOGÊNICAS	Tecnoforma de Escavação	Cicatrices tecnogênicas escavadas	Retirada direta de material
	Geotecnoforma de Denudação	Cicatrices ou depressões tecnogênicas induzidas	Movimentação ou erosão induzida de material
CORRUGAÇÕES TECNOGÊNICAS	Tecnoforma de Turbação	Formas associadas a terreno revolvido	Movimentação direta de material dentro do próprio sítio
EQUIFORMAS TECNOGÊNICAS	Equiforma Tecnogênica de Modificação em Superfície	Formas associadas a solos tecnogênicos	Modificação direta ou indireta na composição ou estrutura física do terreno em superfície
	Equiforma Tecnogênica de Modificação em Profundidade	Maciço tecnoturbado	Modificação direta na composição ou estrutura física do terreno em profundidade

**FONTE:** CEN/SBCR (2022); Moura et al. (2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do rio Japuíba se estende desde a Serra da Bocaina, com nascentes no trecho serrano denominado de Serra do Major Bernardes (recoberta pela Mata Atlântica em seu alto curso) até a enseada litorânea da baía de Angra dos Reis, onde se tem ocorrência de manguezais, e o trecho de baixo curso corresponde ao setor bastante antropizado. Nessa bacia está localizado o bairro Japuíba, cuja história evolutiva dita que antes de sua fundação como bairro configurava-se como uma grande fazenda. Está localizado a três quilômetros do Centro da cidade de Angra e é caracterizado por ter uma população de baixo poder aquisitivo que, em grande parte, reside há pelo menos vinte e cinco anos na localidade (ARAGÃO *et al.*, 2023). Teve ocupação acelerada no final dos anos 1970, período que coincide com a instalação de vários projetos econômicos de grande porte no município de Angra dos Reis, tais como a criação da BR-101 (Rodovia Rio-Santos), a Usina Nuclear e os empreendimentos turísticos. Esses fatos acabaram por atrair para o bairro significativo fluxo populacional e a ocupação se deu de forma rápida e irregular, sobre áreas de manguezais e da Mata Atlântica que foram invadidas por construções de moradias sem quase nenhuma infraestrutura (FREITAS, 2025).



A configuração socioespacial da Japuíba mantinha-se pouco alterada até os anos 1960, com presença de antigas famílias que viviam da lavoura de subsistência (BRAGA, 2005). Através da tabela 1 pode-se observar as alterações da cobertura vegetal e de uso e ocupação da terra para o período analisado (1985 a 2021), onde observa-se que houve pouca alteração em grande parte das categorias de mapeamento. No entanto, a área urbana teve uma elevação significativa, principalmente, sobre as áreas de restinga, corpos d'água e mangues, correspondentes a área de planície fluvial e fluviomarinha quaternária.

**TABELA 1-** Valores percentuais da cobertura vegetal e de uso e ocupação da terra na bacia do rio Japuíba ao longo dos anos estudados.

Ano	Formação vegetal <sup>1</sup>	Mangue	Pastagem	Mosaico de usos <sup>2</sup>	Área urbana	Outras áreas não vegetadas <sup>3</sup>	Afloramentos rochosos	Corpos d'água	Vegetação de restinga
1985	25	4,2	3,1	9,9	1,2	1,5	0,4	5	4,6
1995	22,9	3,5	3,1	9,6	4,1	5	0,4	4	2,3
2005	22,2	3,2	3,4	9,6	6	5	0,4	3	2,1
2015	21,7	3	3,3	9,6	8	5	0,4	2	1,9
2021	19,4	2	3,2	9,2	12	5	0,4	2	1,7

**FONTE:** Freitas (2025).

<sup>1</sup> Formação vegetal corresponde à floresta ombrófila densa, aberta e mista e floresta estacional semidecídua, floresta estacional decidual e formação pioneira arbórea.

<sup>2</sup> Mosaico de usos corresponde a áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.

<sup>3</sup> Outras formações corresponde a formações naturais não florestais que não puderam ser categorizadas.

Houve também aterramentos realizados pelo Poder Público para construção de conjuntos habitacionais, aeroporto e estradas. E a bacia sofre ainda com o descarte irregular de resíduos sólidos de origem urbana e de construção civil. O rio Japuíba tem também taxas elevadas de degradação de suas águas através de efluentes de ligações clandestinas de esgoto e grande parte do segmento das planícies fluviais e fluviomarinhas encontram-se na atualidade desprovida de vegetação ou é utilizada pela comunidade para pastagens e cultivo de pequena agricultura.



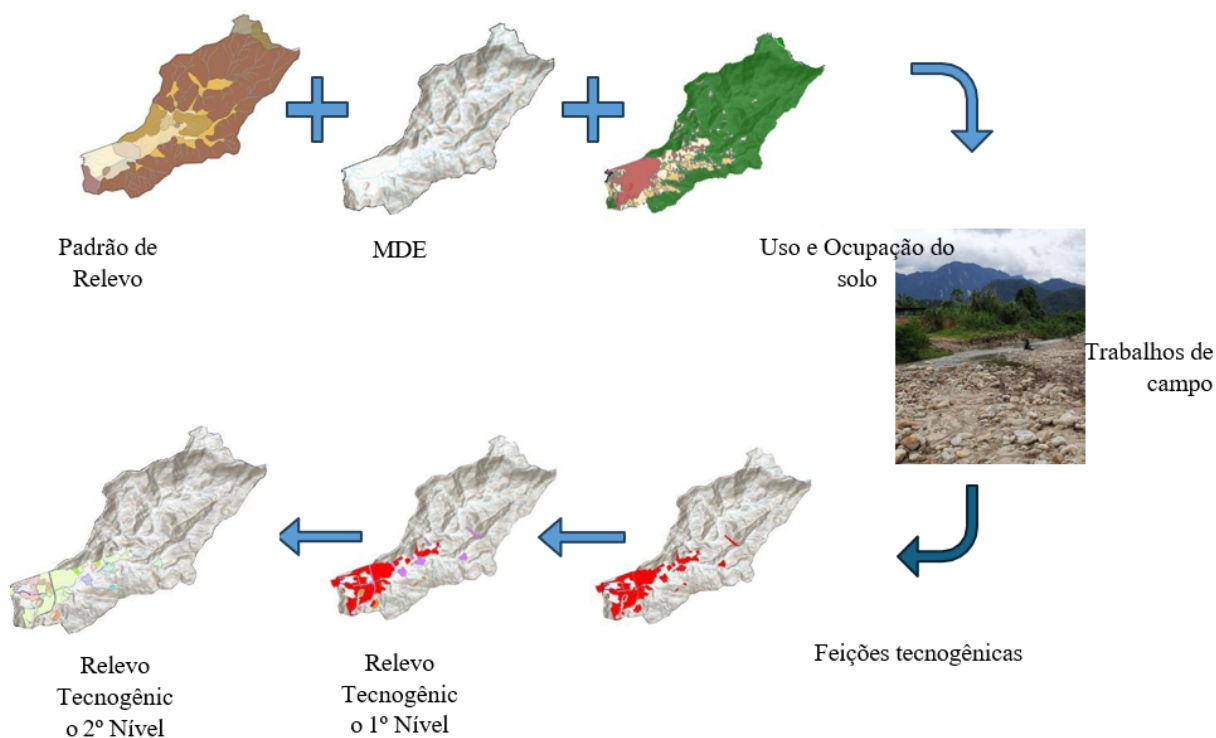
Com base nessas informações iniciais de uso e ocupação na bacia do rio Japuíba partiu-se então para realização dos mapas das formas de relevo tecnogênicas, com base na metodologia proposta por Moura *et al.* (2023). Para estes autores, o mapeamento das feições de relevo tecnogênicas deve ser realizado segundo uma análise espaço-temporal, pois tais feições de relevo são entendidas como dinâmicas e em contínuo movimento, imprimindo inúmeras transformações na paisagem. A agência humana tem, portanto, maior pertinência de estudos na escala de tempo histórico (tempo curto) na produção do espaço geográfico, pois o tempo histórico incorpora transformações produzidas e suas consequências nas formas, processos e materiais (MOURA *et al.*, 2023).

Para reconhecimento das feições de relevo tecnogênicos seguiu-se a sequência de etapas apresentadas na figura 1, onde foi utilizado inicialmente o mapa de padrões de relevo propostos pelo CPRM (2019), o MDE produzido a partir do tratamento da imagem de SRTM, o mapa de uso e cobertura da terra do MapBiomas (2021) e campanhas de campo. O mapa de relevo tecnogênico foi produzido em dois níveis: 1º. nível, referente às categorias do modelado; e o 2º. nível relacionado ao tipo da feição de relevo.

Assim, as formas de relevo tecnogênicas foram classificadas a partir do reconhecimento e mapeamento do 1º nível das categorias de relevo, que referem-se a quatro tipos de feições que configuram o relevo tecnogênico (Quadro 1): a) aqueles em que ocorre uma dinâmica morfológica aditiva, ou seja, que resulta em acumulação de material transportado e depositado, de forma direta ou indireta, formando Elevações ou Superposições Tecnogênicas; b) os dominados por dinâmicas subtrativas, que resultam em perda e exportação de material, configurando Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas; c) os contextos de dinâmica nos quais não há aporte ou exportação de material na superfície, mas modificação *in situ* com turbações do terreno, formando as Corrugações; e d) as modificações diretas que ocorrem em superfície e em profundidade alterando a estrutura física do terreno, resultando nas Equiformas Tecnogênicas. Em um 2º nível, deve ser considerado os contextos geomorfológicos que as formas tecnogênicas se desenvolvem segundo três tipos: as Tecnoformas, Geotecnoformas e as Equiformas.



**FIGURA 1-** Organização cognitiva do mapeamento do relevo tecnogênico utilizado no reconhecimento de feições de relevo tecnogênico da bacia do rio Japuíba segundo metodologia proposta por Moura et al. (2023).



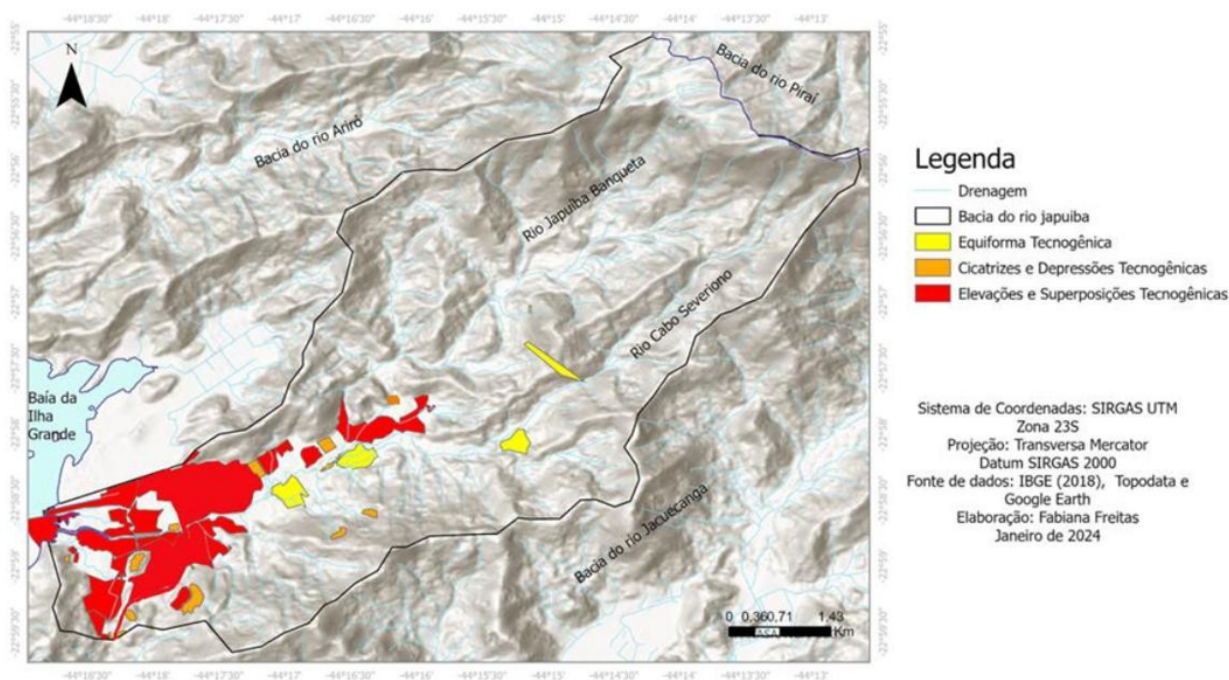
**FONTE:** Freitas (2025).

O mapa apresentado na figura 2 representa a classificação do relevo tecnogênico para o 1º nível de reconhecimento, categorizando-o em: Elevação ou Superposição Tecnogênica; Cicatrizes e Depressões Tecnogênicas; Corrugações Tecnogênicas e Equiformas Tecnogênicas. A representação das quatro classes identificadas deriva dos aspectos relacionados com o modo de como estes depósitos ocorrem na área e é resultado também das investigações sobre os fatos históricos e das respectivas alterações na paisagem.

Elevações Tecnogênicas ocupam cerca de 58,8% da área total do terreno tecnogênico, enquanto Cicatrizes e Depressões ocupam 20,3%. As Equiformas Tecnogênicas apresentam a maior quantidade de feições, porém representam apenas 20,8% dos terrenos tecnogênicos.



**FIGURA 2-** Mapa do 1º nível de classificação de feições de relevo tecnogênicos propostas por Moura et al. (2023) para a bacia hidrográfica do rio Japuíba.



**FONTE:** Freitas (2025).

O mapa da figura 3 representa o segundo nível taxonômico do relevo tecnogênico, levando em consideração a origem dos materiais e se apoiando majoritariamente nas investigações táteis-visuais. Neste mapa é possível observar 17 (dezessete) feições tecnogênicas. A categoria de Elevações e Superposições Tecnogênicas, pode-se reconhecer 5 (cinco) classes do tipo Tecnoformas de Acumulação produzidas por ações diretamente antrópicas (aterro, aterro com área construída, área construída, restos de construções e a BR 101) e duas Geotecnoformas de acumulação produzidas por indução (depósito de assoreamento do rio Japuíba e depósitos de deslizamentos).

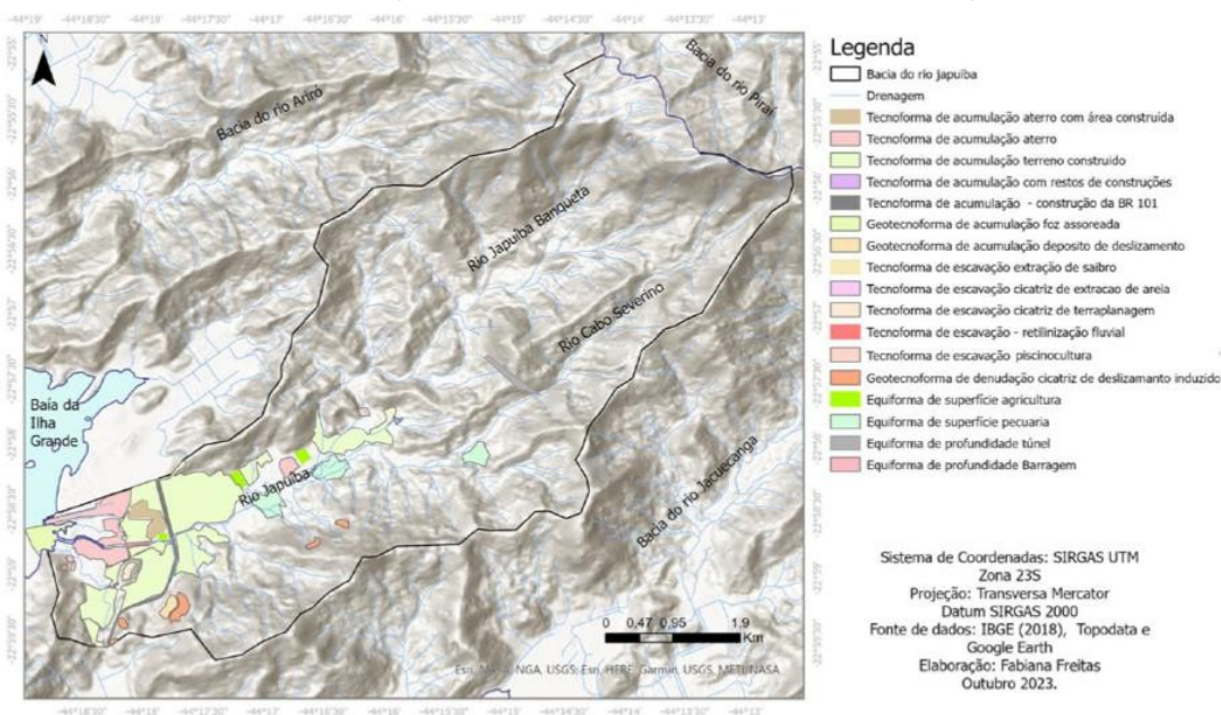
Em relação a categoria de Cicatrizes e Depressões Tecnogênicas foi possível identificar cinco Tecnoformas de Escavação, sendo a extrações de saibro e areia as mais presentes e uma única cicatriz de terraplanagem, além cicatrizes de escavações para a construção da área de piscicultura e a retificação de uma pequena parte do rio Japuíba. Também foi identificado deslizamentos induzidos que foram classificados como Geotecnoformas de Escavação.



Os tipos de Equiformas Tecnogênicas identificados foram classificados na classe de Movimentações em Superfícies: áreas de agricultura e pecuária. A segunda classe de Equiformas são as de profundidades, identificadas como os túneis da antiga ferrovia que ligava o litoral de Angra dos Reis à Barra Mansa (o extinto Trem da Atlântica) e a Barragem utilizada para a captação de água voltada ao abastecimento de Angra dos Reis.

A área ocupada por terrenos tecnogênicos (9,49 km<sup>2</sup>) e suas respectivas porcentagens de ocupação estão presentes no quadro 2, sendo possível observar que os aterros com área construída correspondem a maior parte das feições tecnogênicas (24,7%).

**FIGURA 3-** Mapa dos tipos de feições de relevo tecnogênicas - 2º nível de classificação (Tipos de formas).



**FONTE:** Freitas (2025).

Em seguida daremos exemplos de como procedemos com os registros dos tipos de feições de relevo tecnogênicas reconhecidos para a bacia do rio Japuíba (Quadro 2). Um primeiro exemplo refere-se a uma feição de relevo tecnogênico classificada como Tecnoformas de acumulação - aterros em áreas construídas. Dos pontos identificados em campo, 24,7% foram considerados dentro desta categoria. O ponto apresentado na figura 4 está localizado na planície da bacia do rio Japuíba, especificamente em uma área identificada no mapa de padrões de relevo do CPRM (2019), como uma planície



fluviomarinha (subfeição de brejos). O conjunto habitacional, mostrado na fotografia, foi construído em 2003 para atender as famílias que se encontravam em áreas de risco no município de Angra dos Reis. Trata-se de uma área com aterro de depósitos de material escavado em encostas próximas - Quadro 3.

**QUADRO 2-** Distribuição das feições tecnogênicas e suas respectivas porcentagens de ocupação na bacia do rio Japuíba.

CLASSE 1º NÍVEL	CATEGORIA 2º NÍVEL	FEIÇÃO NO TERRENO	ÁREA (KM²)	%
Elevações e superposições tecnogênicas	Tecnoforma de acumulação	Aterro com área construída	2,35	24,7
		Aterro em planícies	1,02	10,8
		Terreno Construído	0,07	0,8
		Restos de construções	0,02	0,2
		Construção da BR- 101	0,08	8,4
	Geotecnoforma de acumulação	Assoreamento do estuário	1,08	11,3
		Depósitos de deslizamentos	0,25	2,6
Cicatrices e depressões tecnogênicas	Tecnoforma de escavação	Extração de saibro	0,17	1,8
		Extração de areia	0,25	2,6
		Cicatriz de Terraplanagem	0,22	2,3
		Retilinação do rio	0,19	2,0
		Psicicultura	0,13	1,4
	Geotecnoforma de escavação	Deslizamento induzido	0,97	10,2
Equiformas Tecnogênicas	Modificação em superfície	Agricultura	0,52	5,5
		Pecuária	1,24	13
	Modificação em profundida	Túneis	0,17	1,7
		Barragem	0,06	0,6
<b>TOTAL</b>			<b>9,49</b>	<b>100</b>

**FONTE:** Freitas (2025).



**FIGURA 4-** Fotografia de um exemplo de tecnoforma de acumulação constituída por aterro para construção do conjunto habitacional na área da planície fluvio-marinha do rio Japuíba.



**FOTO:** T.M. Silva, jul./2023.

**QUADRO 3-** Caracterização morfológica do tipo tecnoforma de acumulação - aterro com área construída.

<b>MORFOLOGIA E MORFOMETRIA</b>	Elevação tecnogênica plana, com construção de conjunto habitacional.
<b>MATERIAIS</b>	Aterro com saibro retirado de encostas e material argiloso do rio. Construção oficial da prefeitura municipal.
<b>MORFOGÊNESE</b>	Lançamento de aterro, seguido da construção do conjunto habitacional e de casas próximas.
<b>MORFODINÂMICA</b>	Processos de erosão pluvial (sulcos) devido à saturação do material tecnogênico, agravados pela impermeabilização e concentração do escoamento superficial da água da chuva em áreas urbanizadas. Possibilidade de recalques diferenciais devido à consolidação do aterro e às cargas das construções.
<b>MORFOCRONOLOGIA</b>	Construção entre os anos de 2002 e 2005.

**FONTE:** Freitas (2025).

Outro exemplo reconhecido refere-se a Geotecnoforma de escavação - cicatrizes de deslizamentos. Foram reconhecidos quatro grandes geotecnoformas de escavação; cicatrizes de deslizamentos, vinculadas a cortes de estrada e de taludes para construção e/ou estabilização de encostas ou remoção de materiais (agregados) e, ainda, para ampliar áreas utilizadas como pastagem. As cicatrizes tecnogênicas induzidas identificadas na



figura 5 corresponde a um escorregamento gerado pela ação de fluxos d'água superficiais em áreas desmatada e fluxos subsuperficiais no contato do manto intemperizados com o embasamento rochoso (Quadro 4). Esse deslizamento translacional ocorreu em dezembro de 2002 quando fortes chuvas atingiram a região.

**FIGURA 5-** Visão panorâmica, a partir da BR-101, do Bairro Japuíba de uma cicatriz de deslizamento - Geotecnforma de escavação induzida em encosta íngreme desmatada.



**FOTO:** F.P. Freitas, fev./2024.

**QUADRO 4-** Caracterização morfológica do tipo geotecnforma de escavação - deslizamentos induzidos.

<b>MORFOLOGIA E MORFOMETRIA</b>	Feição de encosta íngreme.
<b>MATERIAIS</b>	Manto de intemperismo e/ou solo.
<b>MORFOGÊNESE</b>	Deslizamento translacional induzido pelo desmatamento de aproximadamente 3,500m <sup>2</sup> .
<b>MORFODINÂMICA</b>	Erosão de encosta desmatada.
<b>MORFOCRONOLOGIA</b>	Janeiro de 2002.

Como um último exemplo de feição reconhecida tem-se a Equiforma tecnogênica de modificação - áreas agrícolas. Na planície de inundação do rio Japuíba é possível encontrar locais com produção agrícola familiar, como pode ser observado na figura 6. Essas áreas constituem as equiformas tecnogênicas de modificação em superfície por agricultura, que ocupam aproximadamente 5,5% das feições identificadas de relevos tecnogênicos na bacia. São áreas planas modificadas para a expansão do cultivo de gêneros alimentícios, gerando uma movimentação em superfície para a introdução da agricultura, utilizando fertilizantes, adubos e outros materiais terrosos. A introdução da



agricultura de subsistência na região teve início ainda no período colonial, quando essa área era a fazenda Japuiba, porém as atuais equiformas visíveis na paisagem começaram na década de 1970 (Quadro 5).

**FIGURA 6-** Imagem fotográfica exemplificando o tipo equiforma tecnogênica de modificação – áreas agrícolas.



**FOTO:** S.L. Silva, dez./2009.

**QUADRO 5-** Caracterização morfológica do tipo equiforma tecnogênica modificada em superfície com área utilizada para agricultura.

<b>MORFOLOGIA E MORFOMETRIA</b>	Área plana modificada para cultivo agrícola.
<b>MATERIAIS</b>	Solos.
<b>MORFOGÊNESE</b>	Ambiente modificado pela introdução de material terroso, adubos e fertilizantes.
<b>MORFODINÂMICA</b>	Processos de alteração contínuos da superfície do solo como a erosão hídrica acentuada, devido a remoção da vegetação nativa e manejo inadequado do solo, além de alterações na estrutura do solo (compactação) devido ao uso de máquinas agrícolas e da movimentação e redistribuição de sedimentos pelo cultivo, nivelamento para irrigação e abertura de canais de drenagem.
<b>MORFOCRONOLOGIA</b>	O processo de plantio na bacia teve início na década de 70, junto com a ocupação.

**FONTE:** Freitas (2025).



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente, vale ressaltar que a metodologia empregada para reconhecimento e mapeamento de feições de relevo tecnogênicas proposta nas obras do CEN/SBCR (2022) e de Moura et al. (2023) foram extremamente eficazes para a investigação das transformações ambientais pelas quais vem passando a bacia do rio Japuíba. O passo-a-passo sugerido pelos autores foi bastante esclarecedor e levou a uma boa interpretação do material cartográfico reunido, bem como orientou nas etapas de reconhecimento de campo.

Deste modo, a diversidade de feições de relevo tecnogênicas reconhecidas deixa evidente o resultado de ações de desmatamento, atividades agropastoris, aterros, escavações, construções diversas etc. e evidenciam a intensidade das intervenções humanas na paisagem. A influência antrópica é um fator cada vez mais forte na dinâmica da bacia, especialmente no trecho do médio-baixo curso, onde a urbanização, a agricultura e a indústria têm modificado seu terreno, alterado o regime hidrológico e aumentado a vulnerabilidade a eventos extremos. A construção de barragens, a retirada de cobertura vegetal e a ocupação de áreas de risco têm acelerado processos erosivos e assoreamento dos cursos d'água.

Portanto, é necessário que haja urgência na elaboração de políticas públicas que venham planejar o uso da terra e dos recursos naturais adequadamente e com elaboração de projetos que visem frear/minimizar os impactos socioambientais e que busquem à conservação de condições mais adequada às condições de fragilidade ambiental da bacia. Reforça-se ainda que é nessa onde se é captada o maior volume de água para abastecimento do centro do município, sendo, portanto, considerada como uma pérola para a administração municipal.



## REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, M. L. et al. Morfodinâmica das classes de terrenos tecnogênicos na faixa costeira do município de Goiana-Pernambuco. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 13, n. 2, 2023.
- BRAGA, J.L.R. Impactos socioambientais: uma realidade no bairro de Japuiba, Angra dos Reis - RJ. **Revista Fluminense de Geografia**, v.1, n.2, 2005. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/revista-fluminense/article/view/2171>. Acesso em: 05 nov. 2021.
- BRUNSDEN, D. Geomorphology, engineering and planning. **Geographia Polonica**. v. 76, n. 2, p.185-202, 2003. Disponível em: [http://rcin.org.pl/igipz/Content/110/WA51\\_215\\_r2003-vol76-no2\\_Geogr-Polonica.pdf#page=189](http://rcin.org.pl/igipz/Content/110/WA51_215_r2003-vol76-no2_Geogr-Polonica.pdf#page=189). Acesso em: 16 mar. 2022.
- CEN/SBCR – Comitê Executivo Nacional/Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo. Breve estado da arte do Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo (SBCR): contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica. **Revista Brasileira de Geografia** - Nota Técnica. v.67, n.2, p.212-227, 2022.
- CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Mapa de Padrões de Relevo do Brasil na escala 1:25.000**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/>. Acesso em: 29 mai. 2021.
- CRUTZEN, P.J.; STOERMER, E.F. The Anthropocene. **IGBP Global Change**. Newsletter, n.41, p.17-18, 2000.
- CUNHA, C.M.L.; QUEIROZ, D.S. A cartografia geomorfológica de detalhe: uma proposta visando à multidisciplinaridade. **CLIMEP (Climatologia e Estudos da Paisagem)**, v. 7, n. 1-2, p. 22-45, 2012.
- FREITAS, F.P. **Mecanismos Evolutivos de Bacias de Drenagem em Diferentes Escalas de Tempo – Rio Japuiba (Angra dos Reis, RJ)**. 2025. 242f. Tese (Doutorado em Geografia - Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ. 2025.
- MAPBIOMAS. **Coleção da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/downloads/>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- MOURA, N. S. V.; SILVA, T. M.; GOUVEIA, I. C. M. C.; DE OLIVEIRA PEIXOTO, M. N.; FELIPPE, M. F.; SANTOS OLIVEIRA, A. M.; NOLASCO, M. C. Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 4, 16p., 2023.
- PASCHOAL, L.G.; CUNHA, C.M.L.; CONCEIÇÃO, F.T.A Cartografia geomorfológica como subsídio para a análise do relevo antropogênico em área de mineração. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 4, p. 379-391, 2013.
- PASCHOAL, L.G.; RAMOS, A.M.; CUNHA, L.J.S. CUNHA, C.M.L. Estudos geomorfológicos em área de mineração em Portugal: cartografia geomorfológica para análise do impacto antrópico sobre o relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 1, p. 61-7, 2016.
- PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.M.S.; SILVA, E.C.N.; NUNES, J.O.R. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.5, n.1, p.28-40, 2014.
- PELOGGIA, A.U.G. Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da agência geológico-geomorfológica humana e de seus registros. **Revista do Instituto Geológico**, v. 40, n. 1, p. 1-17, 2019.
- PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.M.S. Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10, Guarapari: ABEQUA, **Anais**. 4p., 2005. Disponível em: [http://www.abequa.org.br/trabalhos/0268\\_tecnogeno.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/0268_tecnogeno.pdf). Acessado em: 10 abr. 2022.
- RUDDIMAN, W.F. The Anthropocene. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v.41, p. 45-68, 2010.
- STEFFEN, W.; GRINEVALD, J.; CRUTZEN, P.; McNEILL, J. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, n. 369, p. 842-867, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327>. Acesso em: 06 jul. 2021.
- TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Tecnogene. **Bull. of the Intern. Assoc. of Engineering Geology**, n.38, p.133- 142, 1988.
- WATERS, C.N.; ZALASIEWICZ, J.A.; WILLIAMS, M.; ELLIS, M.A.; SNELLING, A.M. A stratigraphical basis for the Anthropocene? In: WATERS, C.N.; ZALASIEWICZ, J.A.; WILLIAMS, M.; ELLIS, M.; SNELLING, A.M. (eds.). **Astratigraphical basis for the Anthropocene**. London: London Geological Society, Special Publication 395, p. 1-21, 2014.



# O IMPACTO DA AÇÃO ANTRÓPICA NA TOPOGRAFIA DAS CIDADES E SUAS REPERCUSSÕES NAS REDES DE DRENAGEM URBANAS E NA OCORRÊNCIA DE ALAGAMENTOS

Fernanda Figueiredo Braga<sup>1</sup>

**PALAVRAS-CHAVE:** Alagamentos, Divisores de drenagem, Ação Antrópica.

## RESUMO

Segundo a Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (UN/ISDR, 2013), cerca de 250 milhões de pessoas foram atingidas por inundações ao longo dos últimos dez anos, representando atualmente o risco de desastre mais crescente e generalizado aos assentamentos urbanos no mundo. Estes eventos acarretam uma série de danos, tais como: limitação da circulação pela cidade, prejuízos de âmbito material e humano, veiculação de doenças e desvalorização imobiliária. As mudanças provocadas pela ação antrópica vêm alterando as paisagens e suas características geomorfológicas originais, criando divisores de drenagem antrópicos, definidos como áreas da superfície terrestre construídas pela ação antrópica em posições topograficamente mais elevadas, que passam a atuar como divisores de água, que repercutem nas ocorrências de alagamento e inundações. Neste sentido, foram analisadas as intervenções provocadas pelo homem, sob a perspectiva histórico-geográfica, na área central da cidade do Rio de Janeiro, considerando as alterações nas condições de relevo e drenagem e sua influência sobre tais ocorrências. A partir da reconstituição das características geomorfológicas, de levantamentos de campo e gabinete, da análise de cartas e a elaboração de perfis topográficos, esses divisores de drenagem antrópicos foram identificados e mapeados. Além disso, foram identificados os pontos atuais de alagamento na área de estudo, representados em um mapa, com a análise detalhada dos impactos das alterações antrópicas no relevo e sua repercussão na dinâmica de drenagem, a fim de contribuir para futuras intervenções, que ajam de maneira mais efetiva na prevenção e na solução dos problemas que se apresentam no cotidiano das cidades, sobretudo em relação às águas urbanas. É fundamental que o planejamento urbano considere as características geomorfológicas de uma área e que promova um estudo prévio dos impactos das novas construções na dinâmica de drenagem, a fim de evitar os transtornos decorrentes destas ações.

---

<sup>1</sup> Doutor pelo Curso de Geografia da Universidade Federal Fluminense - UFF, [braga\\_fernanda@hotmail.com](mailto:braga_fernanda@hotmail.com)



## INTRODUÇÃO

Uma das questões mais desafiadoras na geomorfologia contemporânea está relacionada à movimentação da água no espaço urbano. Esse recurso, fundamental em diversas esferas da vida, é um importante agente geomorfológico que molda a superfície terrestre no entremeio de um ciclo dinâmico, modificado continuamente em resposta às intervenções antrópicas, tornando cada vez mais complexa as relações entre elementos físicos e humanos existentes.

Nesse sentido, a ação antrópica deve ser entendida como resultado e resultante dos movimentos da sociedade, inserida em contextos econômicos, políticos e culturais, que se concretizam na construção do espaço geográfico e na alteração das paisagens.

Esses movimentos são evidenciados pelo crescimento cada vez mais acelerado das cidades e representam um conjunto de alterações nos processos e nas formas que constituem o substrato urbano, criando uma demanda contínua por intervenções direcionadas aos desequilíbrios decorrentes dos impactos ambientais. Estes eventos acarretam uma série de danos diretos e indiretos, tais como: limitação da circulação pela cidade, prejuízos de âmbito material e humano, veiculação de doenças e desvalorização imobiliária. As atividades socioeconômicas são diretamente afetadas e, eventualmente, os problemas se estendem para além dos locais de ocorrência.

No Brasil, os impactos das inundações também se destacam. Freitas et. al. (2014) afirmam que os eventos hidrológicos (inundações graduais e bruscas) corresponderam a 32,7% dos desastres naturais ocorridos neste território, com quase 39 milhões de pessoas atingidas.

Assim como outras cidades no Brasil e no mundo, o município do Rio de Janeiro já possuía áreas naturalmente suscetíveis a inundações, antes mesmo de sua ocupação pelos colonizadores portugueses. Esse problema foi agravado pelo adensamento urbano do núcleo inicial de ocupação da cidade, dando forma ao seu atual centro, objeto de análise do presente trabalho. Esta área é caracterizada por um ambiente de clima tropical, de verões tipicamente chuvosos, e solos úmidos, cujas antigas lagoas, brejos e alagadiços representavam entraves ao estabelecimento das primeiras construções urbanas, iniciadas no século XVI.

Suas características de relevo e drenagem influenciaram diretamente as formas de ocupação e de organização do espaço sobre os quais a cidade se estabeleceu. As modificações de muitas destas características, através de sucessivos aterros, desmontes e canalizações, transformaram os processos e formas que ali existiam.



As edificações e estruturas construídas também se destacam entre as intervenções humanas que remodelaram o solo urbano, redefinindo a sua topografia. As redes de drenagem a ela associadas, ainda que permaneçam condicionadas pelas formas de relevo, são continuamente adaptadas às demandas da organização social, e se acomodam às novas formas produzidas.

Deste modo, o homem pode destruir ou construir novos divisores de drenagem, que alteram as dinâmicas das estruturas pré-existentes, redefinindo os limites e contornos das bacias e das redes hidrográficas. Assim são estabelecidos os chamados divisores antrópicos. Estes divisores, ao remodelarem a topografia, modificam a organização interna das bacias, fragmentando as redes de drenagem. Esse processo, não raro, altera as áreas de ocorrência de inundações e alagamentos.

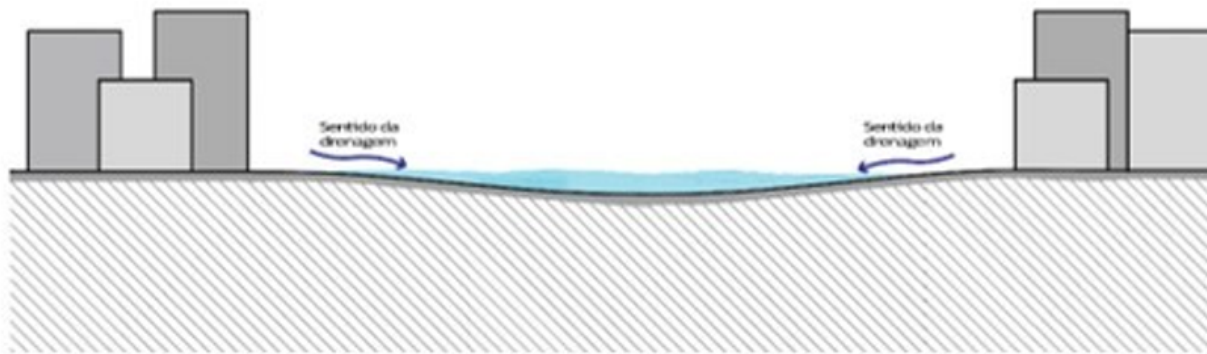
A partir destas áreas artificialmente elevadas, como arruamentos, edificações, canalizações, desmontes, aterros, entre outras intervenções, que provocam profundas alterações topográficas, podem ser criadas pequenas subdivisões na drenagem, seccionando as bacias, de modo a alterar a sua dinâmica hidrológica (figura 1). Os divisores antrópicos podem atuar ainda no bloqueio da passagem dos fluxos, redirecionando-os. Neste caso, estas construções servem como barreira para escoamento das águas, contribuindo para a sua acumulação em um determinado ponto (figura 2).

Em bacias urbanas, onde há escoamento superficial acelerado e concentrado pelos efeitos da impermeabilização, os bloqueios causados por divisores antrópicos com elevado gradiente topográfico geram grandes transtornos ligados aos alagamentos. Tal bloqueio minimiza uma eventual ocorrência a jusante, mas ocasiona ou potencializa localmente o problema. Considerar essas intervenções traz importantes elementos para a análise e o planejamento de drenagem em áreas urbanas.

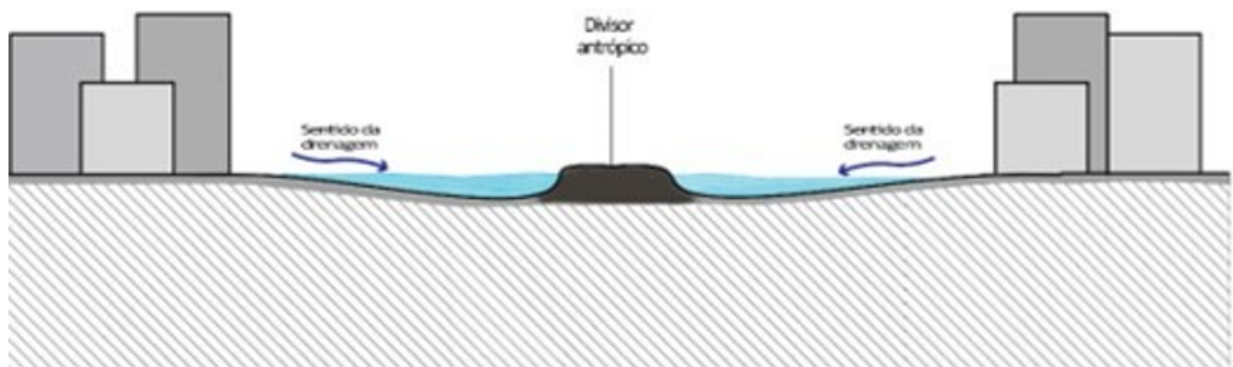


**FIGURA 1-** O esquema mostra como atuam os divisores de drenagem em áreas planas, seccionando os locais de ocorrência de inundações e alagamentos.

### SEM DIVISOR ANTRÓPICO



### COM DIVISOR ANTRÓPICO

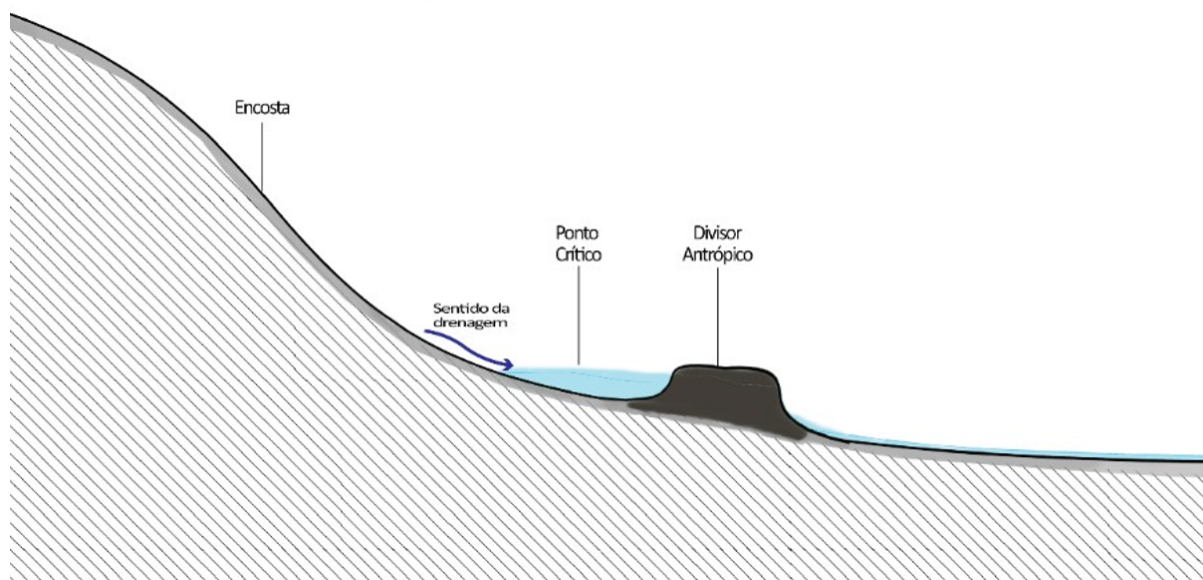


**ELABORAÇÃO:** Fernanda Braga.

Ainda em relação aos desníveis existentes nas superfícies urbanas, observa-se que as construções mais recentes se sobrepõem ao nível topográfico das mais antigas, influenciando o direcionamento dos fluxos de águas pluviais em superfície. Em alguns casos, estas edificações atuam como divisores de drenagem antrópicos, modificando os locais de ocorrência de inundações ou alagamentos.



**FIGURA 2-** O esquema mostra a atuação do divisor antrópico impedindo o fluxo das águas, chamado de efeito barreira.



**ELABORAÇÃO:** Fernanda Braga.

Em suma, divisores de drenagem antrópicos são áreas da superfície terrestre construídas pela ação antrópica em posições topograficamente mais elevadas, que passam a atuar como divisores de água, modificando as características do relevo local e as condições de funcionamento dos processos de drenagem. Resultam de aterros ou obras de naturezas diversas, que geram novas direções e/ou bloqueios para a mobilização das águas.

Dentro desta perspectiva, o presente trabalho buscou analisar as transformações produzidas pela ação antrópica no relevo e na topografia da Área Central da cidade do Rio de Janeiro, salientando a atuação dos divisores de drenagem antrópicos e suas repercussões na dinâmica de drenagem e ocorrência dos alagamentos. O estudo detalhado desses novos divisores é um importante elemento para analisar e planejar ações que busquem solucionar esses problemas em áreas urbanas.



## METODOLOGIA

Para a reconstituição histórica de relevo e drenagem foi realizado um amplo levantamento de mapas, documentos, ilustrações antigas e bibliografias, que contemplem a área de estudos em diversos contextos históricos, destacando, a priori, o período anterior ao século XVI, caracterizado pelo início das transformações de ocupação e urbanização da cidade. A pesquisa bibliográfica destacou ainda publicações que abordam temas relacionados à pesquisa, tais como: divisores de drenagem, bacias hidrográficas, drenagem urbana, processos de inundação, a história de ocupação da área de estudo e as intervenções urbanísticas implementadas, consultando sobretudo teses, dissertações, monografias, periódicos, sites, mapeamentos, imagens e fotografias aéreas, além dos programas de obras implementados (levantamento de informações em instituições ligadas à Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro).

Os trabalhos de campo foram uma etapa fundamental para a apreensão da realidade da população que frequenta, reside ou trabalha na área de estudo e para a identificação das áreas mais críticas em relação às enchentes. Essa identificação foi calcada nas observações e relatos obtidos em campos através de entrevistas, análise de cartas topográficas e em ampla pesquisa em material jornalístico, bibliográfico e iconográfico. As entrevistas abordaram principalmente os efeitos e conseqüências das enchentes no cotidiano da cidade e auxiliaram na identificação divisores de drenagem antrópicos e dos locais e nível de criticidade destes eventos. Esses dados foram confrontados (confirmados) com a análise das cotas altimétricas e curvas de nível da cidade na carta topográfica gerada pelo Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, em escala: 2.000.

Para a determinação dos divisores de drenagem do centro da cidade, foram consideradas a análise da carta topográfica gerada pelo Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, em escala 1:2.000, bem como as observações e medições topográficas realizadas em trabalhos de campo. Foram categorizados três tipos de divisores:

1. Antigos divisores – Os morros existentes desde a fundação da cidade e que sofreram apenas pequenas alterações antrópicas em suas encostas. No mapa estão representados pelas curvas de nível, com equidistância de 5m.
2. Remanescentes de antigos divisores – São as áreas remanescentes dos antigos morros que sofreram desmonte, mas continuam sendo elevadas em comparação ao seu entorno. Possuem, em geral, cotas



altimétricas que estão situadas entre 5 e 10 metros, favorecendo o escoamento da drenagem em baixa velocidade. No mapa foram utilizadas as próprias curvas de nível para delimitar o divisor.

3. Divisores antrópicos – São as áreas edificadas cuja topografia mais elevada em relação aos terrenos adjacentes impedem a passagem das águas pluviais e/ou seccionam superfícies inundáveis. Foram definidas a partir de observações e relatos de campo, analisando a influência destes divisores na ocorrência dos alagamentos, e em medições apresentadas através de perfis topográficos esquemáticos. Tais divisores foram demarcados a partir de ruas ou das curvas de nível.

Os mapas foram elaborados através do software ArcGIS a partir da base topográfica digital do Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP), em escala 1:2000.

Esse software foi utilizado para a delimitação da área de estudos, a configuração dos mapas dos divisores de drenagem e identificação dos divisores de drenagem antrópicos, bem como vetorização das áreas de ocorrência de inundações e alagamentos, divididas em áreas de ocorrência e áreas críticas.

Nos mapas foram destacadas em azul claro as linhas correspondentes aos logradouros que apresentam acúmulo constante de águas em eventos pluviais concentrados, sem, no entanto, acarretarem danos mais graves. Nestes pontos o nível atingido pelas águas dificulta a circulação de pessoas e representa eventuais riscos à saúde pelo contato com a água acumulada nas vias, contaminadas com o lixo e os esgotos, sem maiores repercussões para o trânsito de veículos e danos diretos para residentes e comerciantes.

Em azul escuro foram vetorizadas áreas que compreendem as vias e locais mais críticos, que apresentam acúmulos de águas elevados (em torno de 20 cm ou mais, em geral), dificultando ou impossibilitando o trânsito de veículos e pessoas, além de causar danos e prejuízos diretos e indiretos aos residentes e comerciantes locais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Amador (1997), a área onde atualmente situa-se o centro da cidade do Rio de Janeiro constituía-se, até o século XVI, em uma extensa planície, cercada pelos Morros do Castelo, Santo Antônio, São Bento, Conceição e Santa Teresa, em cujos terrenos predominavam feições alagadiças, entre pântanos, brejos, lagoas e manguezais (figura

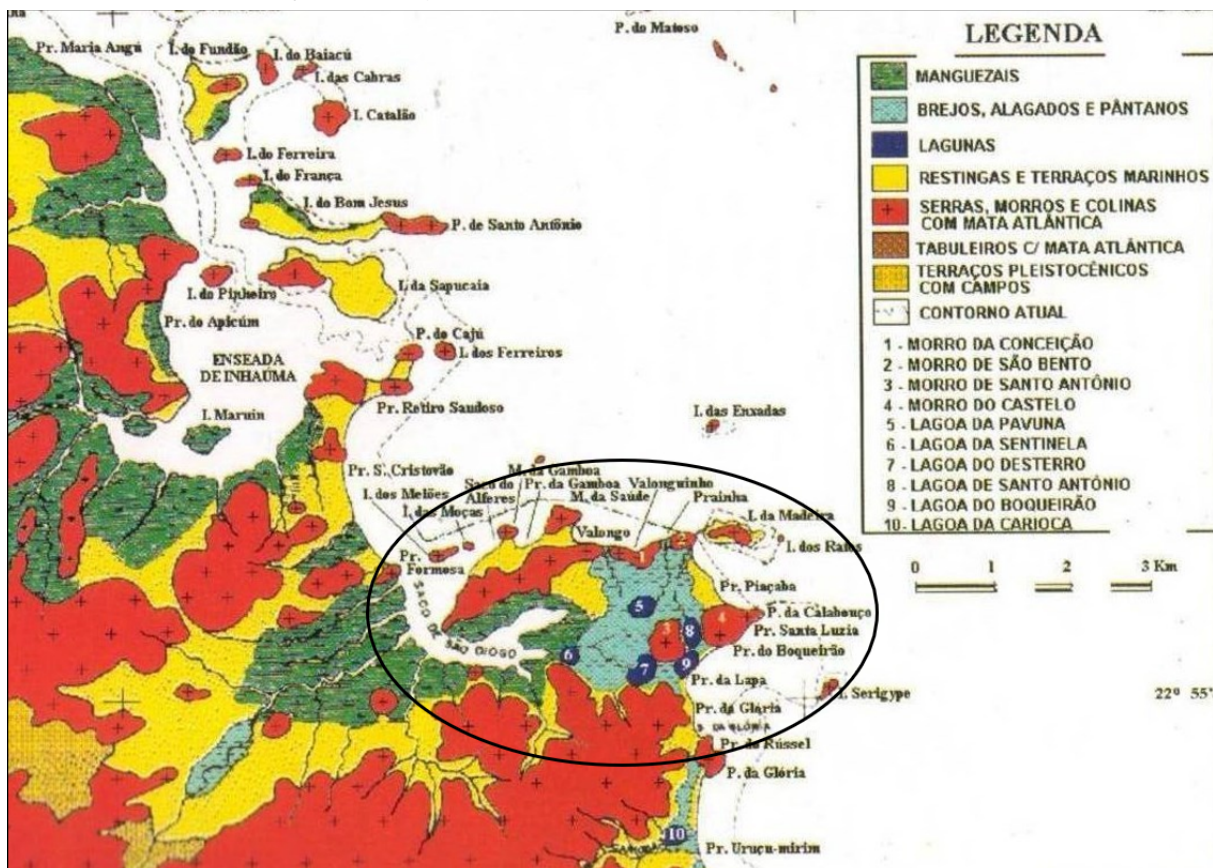


3). Sua configuração foi fruto de uma profunda alteração, como resultado de um longo processo de ocupação e urbanização, transformando o espaço físico e a paisagem de acordo com os diversos contextos históricos.

Estas alterações promovidas na área central da cidade do Rio de Janeiro, sob a forma de aterros, desmontes, canalizações e edificações, significaram profundas modificações na topografia da cidade. Isto alterou a dinâmica hidrológica e potencializou os alagamentos em locais que já apresentavam condições físicas favoráveis a tais ocorrências.

O quadro 1 a seguir representa as transformações promovidas no espaço físico da Área Central e suas principais repercussões, que combinado à figura 4, denotam a transformação da paisagem da área de estudos e o aumento da densidade populacional ao longo do tempo.

**FIGURA 3-** Espaço físico original do centro da cidade, com destaque para a área central.



**FONTE:** Amador, 1997.



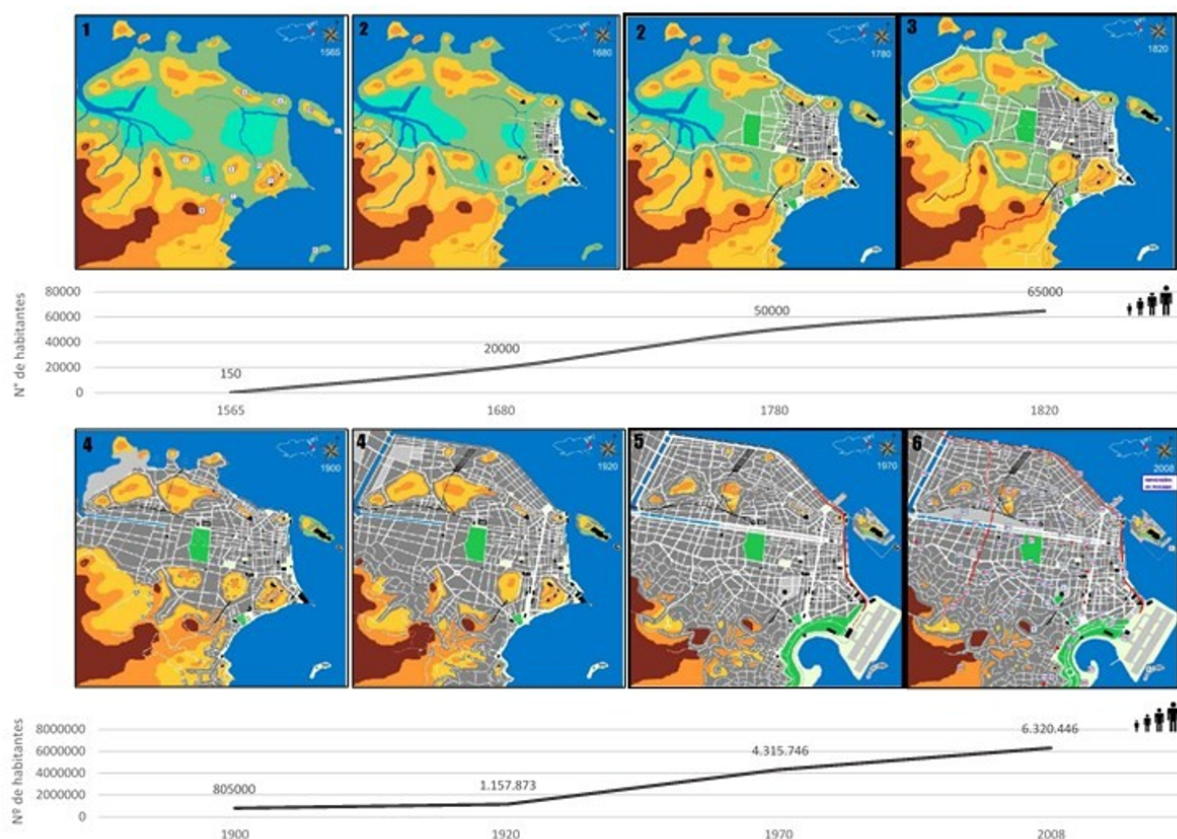
**QUADRO 1 – Síntese das transformações promovidas no espaço físico da Área Central e suas principais repercussões**

Período	Contexto histórico-geográfico	Principais alterações promovidas no relevo e drenagem da Área Central	Consequências
1 Século XVI - A partir de 1565	Fundação da cidade do Rio de Janeiro. O ano de 1567 marca ocupação inicial da cidade, o primitivo núcleo lançado pelo Governador-Geral, no antigo morro do Castelo. Essa ocupação foi se estendendo para a planície litorânea, estreita e pantanosa, compreendida entre o quadrilátero formado pelos morros principais: Castelo, Santo Antônio, São Bento e Conceição.	- Desmatamento - Compactação do solo	A interceptação das águas da chuva é reduzida na proporção da retirada da vegetação. A infiltração é reduzida, aumentando consequentemente o escoamento superficial das águas. Isso acarreta impactos no solo, sobretudo na erosão das encostas.
2 Período Colonial - Os séculos XVII e XVIII	Segundo Amador (1997), ainda no século XVII inicia-se o processo de dissecação de lagoas. Ao longo do século XVII e XVIII, a fim de viabilizar a extensão da cidade para outras direções, as lagoas, brejos, manguezais e a Baía permanecem sofrendo alterações. A população ainda se concentrava no núcleo central por questões de segurança e falta de transportes.	- Foram iniciadas a abertura de valas e aterros das principais Lagoas do Centro: Boqueirão, Desterro, Pavuna, Santo Antônio e Sentinela. - Desmontei do morro das Mangueiras	A impermeabilização do solo, provocada pelos aterros, agrava a dificuldade de equalamento das águas nas áreas alagadiças.
3 Século XIX	O início do século XIX é marcado pela vinda da família real portuguesa, em 1808, e a intensificação das transformações ambientais, a fim de atender uma população crescente e as demandas relativas às atividades de âmbito político, econômico e ideológico, associadas a função de capital do país. Abreu (2006), ressalta que, em 1824, a independência política e o café dá início a uma nova fase de extensão econômica, e de aumento populacional no decorrer deste século. São atraídos também investimentos, com capitais internacionais, que foram utilizados na melhoria da infraestrutura da cidade, transformando ainda mais a paisagem carioca.	- Aterro sucessivos dos alagadiços e mangues, entre os quais se destacam o saco de São Diogo e o brejo de Pedro Dias, que auxiliaram a criação da cidade Nova. - As estruturas de drenagem urbana, com galeria subterrâneas, começaram a ser implementadas.	Com a sucessão de aterros, as áreas que absorviam ou armazenavam as águas foram reduzidas ou eliminadas, ampliando assim o escoamento superficial, antes disperso e agora concentrado nas vias de circulação. As redes de drenagem urbana buscaram amenizar os problemas relacionados ao escoamento das águas pluviais e estabelecerem redes de abastecimento de água.
4 Início do século XX - Período Pereira Passos	Esse período tornou-se um Marco na transformação urbana na cidade do Rio de Janeiro. Segundo Abreu (2006) o rápido crescimento da cidade em direção à zona sul, a chegada do automóvel, o avanço dos transportes de massa, bem como a importância que a cidade adquiriu no contexto internacional, contrastavam com a existência de uma área central e aparência colonial. Pereira Passos, em sua gestão, buscou transformar a cidade em um símbolo de um Brasil moderno e inovador através de um audacioso e controverso programa de embelezamento e saneamento.	- Desmonte do morro do Senado. - Aterro do que ainda estava das antigas lagoas. - Obras de embelezamento, como a da praça XV com introdução do asfalto. - Abertura da avenida central (atual Rio Branco). - Canalização de diversos rios. - Aumento na ocupação dos morros situados no centro da cidade, que originaram as favelas.	A intensa ocupação e os desmontes e morros causaram impactos diretos na área. A intensificação dos processos erosivos nas encostas, reorganização da drenagem local, etc. Ou asfalto agrava a impermeabilização do solo e a concentração de escoamento em superfície. A canalização dos rios origina picos de basal, que criam condições favoráveis à concentração das águas nos terrenos baixos virgulando as ocorrências de inundações nesse locais.
5 Século XX - Período pós Passos	Kessel (2001, p.18) salienta que, após a superação dos arranjos coloniais do século XIX no período pós Passos, o Rio de Janeiro passara a concentrar grande parte dos investimentos em intervenções públicas para fora da área central, expandindo-se simultaneamente em direção a dois eixos, Norte Sul ponto em 1960, há transferência da capital para Brasília. Amador (1997), afirma que, a partir dessa década, com a modernização agrícola, grandes contingentes migraram para as cidades. O processo de urbanização, conduzido pelo modelo urbano-industrial, se intensificou vertiginosamente em nível nacional e metropolitano.	- O desmonte do morro do Castelo Aterros onde atualmente se localizam as avenidas Churchill, Franklin, Roosevelt e Marechal Câmara. - Construção da avenida presidente Vargas. - Desmonte do morro do Santo Antônio Início da construção da linhas de metrô	Os aterros e desmontes aumentaram a área planificada e a demanda por intervenções na drenagem, a fim de compensar estas alterações e minimizar os efeitos da concentração das águas em eventos chuvosos. A construção do metrô gerou interferências pontuais no escoamento superficial e subsuperficial, alterando a drenagem das águas pluviais.
6 Final do século XX e Início do século XXI	Período em que emerge a economia globalizada e o modelo neoliberal é adotado por diversos países, inclusive o Brasil. Após o período de estagnação, causado pela transferência da capital para Brasília, a uma retomada de investimentos no Rio de Janeiro com a redistribuição da arrecadação tributária, nos anos 1990. Nos últimos anos, Castro et al. (2015, p.12) Destaca ainda a influência da realização de mega eventos esportivos na cidade, expressamos um projeto de reestruturação da cidade, com uma gestão empreendedorista e sustentada por um conjunto de interesses econômicos, políticos e sociais.	- Expansão das linhas de Metrô - Construção do VLT - Vínculo leve sobre trilhos	Remodelação do substrato urbano, com mudanças topográficas a partir das novas construções

**FONTE:** Braga, 2018.



**FIGURA 4-** Conjunto de figuras representativas dos sucessivos estágios de ocupação e urbanização da área central do Rio de Janeiro.



**FONTE:** Adaptado do IPP (2018).

Atualmente a área central, apesar de estar em uma superfície relativamente plana, apresenta desníveis que remontam antigas feições e refletem as intervenções urbanísticas que ocorreram ao longo do tempo. Portanto, foram identificadas três diferentes categorias de divisores de drenagem: os antigos divisores, os remanescentes de antigos divisores e os divisores antrópicos, apontados na figura 5.

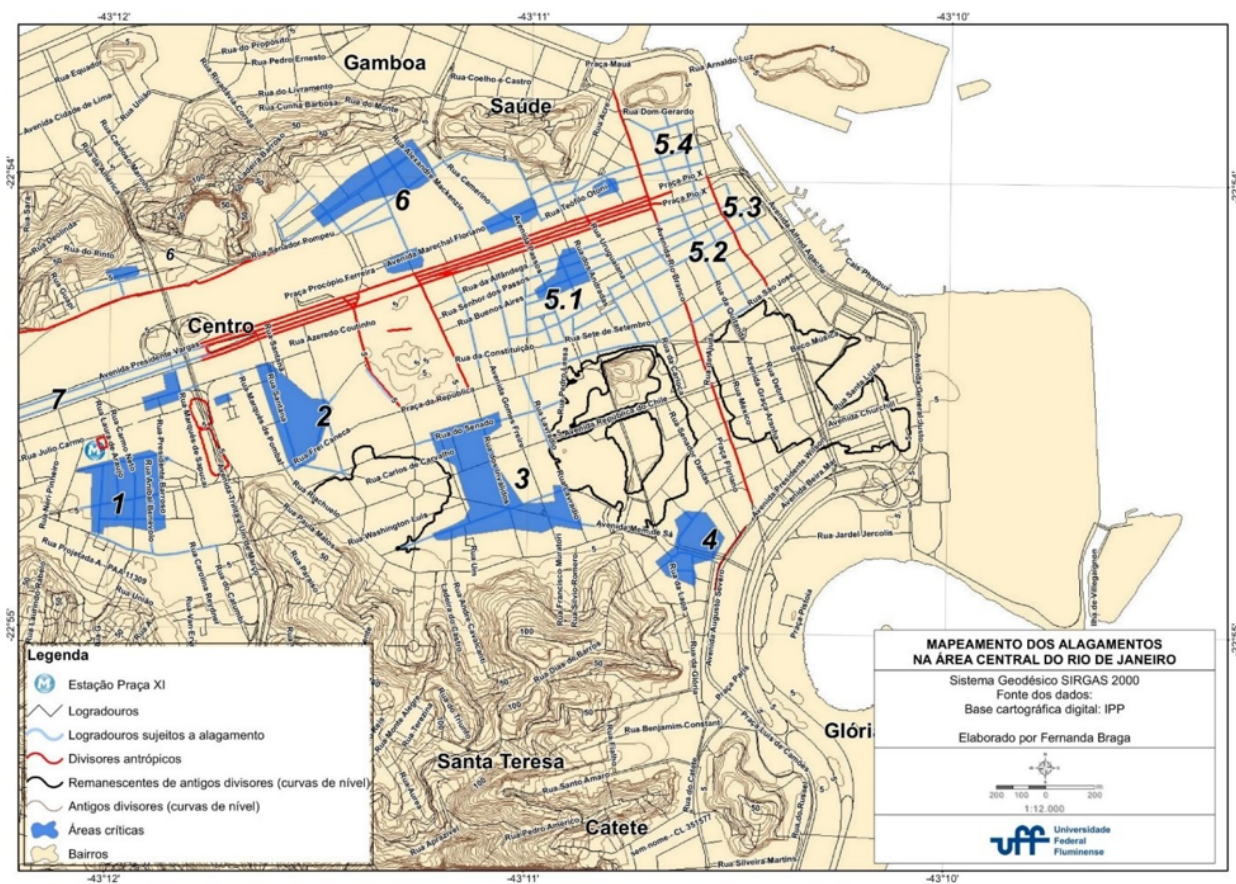
Os terrenos de topografia mais elevada que não sofreram desmontes, permanecem como importantes divisores de drenagem. No entanto, atualmente possuem uma diferenciada capacidade de escoamento superficial devido ao processo de ocupação que sofreram e o consequente aumento das descargas líquidas e sólidas, cujo destino são as ruas situadas em seus sopés, nas áreas mais baixas adjacentes. É o caso dos morros de São Bento, Conceição, Morro do São Diogo, Morro da Providência e a pequena parcela restante do Morro do Santo Antônio. Estes divisores apresentam como pontos culminantes respectivamente: 30.2 m; 46.9m; 67.7m, 115.5m e 41.6 m. Há ainda o divisor de Santa Teresa, que faz parte direta do maciço da Tijuca, o que lhe confere contornos com maiores altitudes (acima dos 300m) e maior capacidade de escoamento superficial, com relação aos volumes e velocidade das águas.



Os remanescentes de antigos divisores são representados por áreas elevadas que se constituíam como divisores passados e sofreram desmonte. Embora permaneçam em níveis topográficos maiores do que o seu entorno, apresentam uma topografia que varia de 5 a 10 metros, o que confere uma dinâmica de escoamento superficial distinta.

No mesmo mapa (figura 5) é possível observar como os divisores alterados (remanescentes e antrópicos) influenciam a dinâmica dos fluxos superficiais. Os divisores remanescentes permanecem como zonas de divergência, atuando de maneira diferenciada devido à perda de altitude, assim como os divisores antrópicos, elevados pelo processo de urbanização. Os pontos de ocorrências de alagamentos, bem como as magnitudes desses eventos, vão se ajustando à nova topografia continuamente modificada.

**FIGURA 5** - Mapa dos divisores e dos alagamentos na área Central. Os números indicam locais analisados em maior detalhe.



**ELABORAÇÃO:** Fernanda Braga

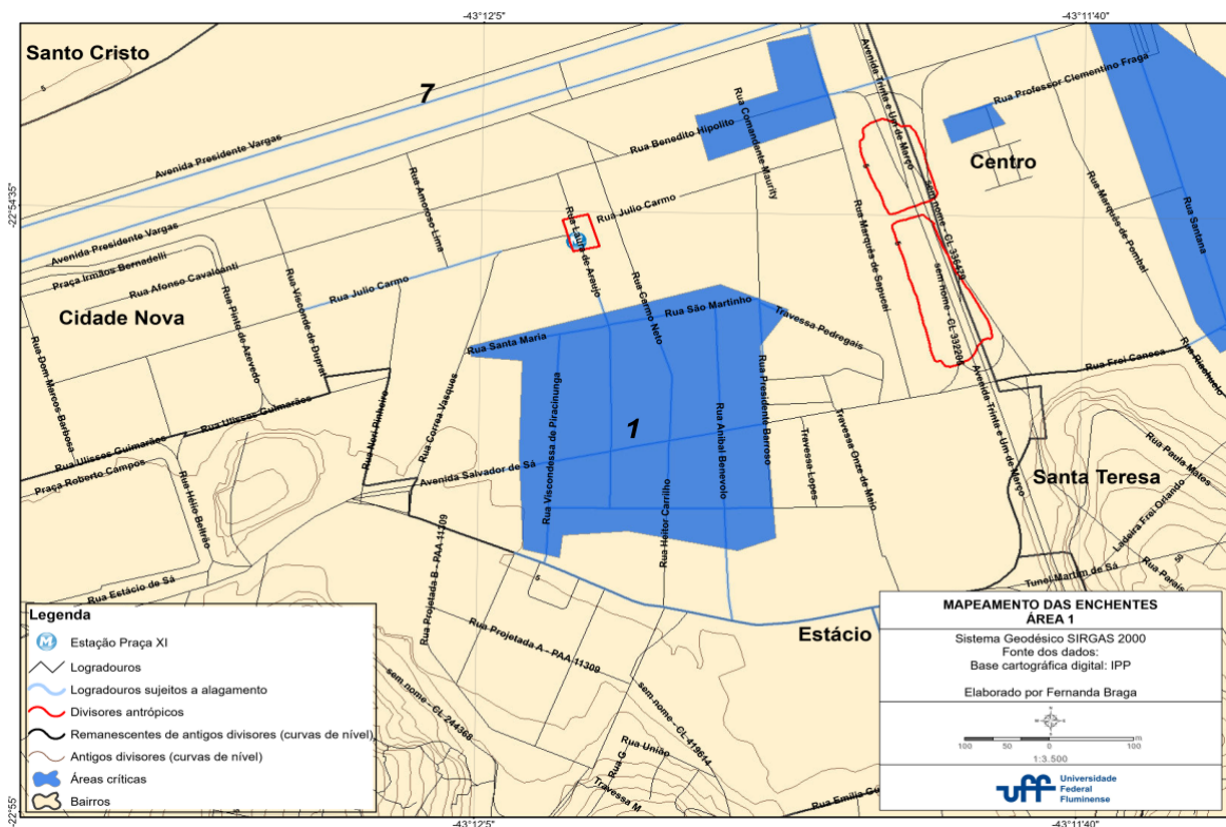
Pode-se observar os locais atingidos pelos alagamentos e a sua distribuição a partir da análise da topografia da cidade, evidenciando a influência dos divisores antrópicos na fragmentação da rede de drenagem e das características físicas locais que precedem a ocupação local, bem como suas modificações realizadas ao longo do tempo.

Um desses fragmentos, a área 1 (figura 6), por exemplo, localiza-se em terrenos que constituíam parte do antigo Mangal de São Diogo. Pinto (2007) afirma que:



Com a transferência da família real, em 1809, para a Quinta da Boa Vista, teve impulso a ocupação em direção a São Cristóvão, para além do Campo de Santana, aterrando-se parte das terras pantanosas de São Diogo, área intermediária entre o Paço Real e o Paço da Quinta – a Cidade Nova (Pinto, 2007, p. 110).

**FIGURA 6-** Distribuição espacial de divisores de drenagem e locais de alagamento da Área 1.



**ELABORAÇÃO:** Fernanda Braga.

Esse aterro deu origem a um conjunto de arruamentos baixos suscetíveis aos alagamentos, que recebem o escoamento superficial de águas provenientes do Morro de São Carlos (prolongamento do Morro de Santa Teresa), intensamente ocupado. Essa drenagem, que era direcionada para o Saco de São Diogo (atual Canal do Mangue), atualmente é obstruída na altura da estação de metrô da Praça Onze, construída em nível topográfico mais elevado, o que potencializou as ocorrências nas ruas à montante.

Nas fotografias referentes à rua Laura de Araújo, é possível observar o desnível entre a estação e as ruas onde os alagamentos apresentam maior criticidade. Na primeira (figura 7), nota-se o desnível mais abrupto e na segunda (figura 8), após obras de pavimentação da prefeitura, com uma inclinação mais suavizada. A diferença de nível que provoca um efeito barreira no fluxo de escoamento superficial, no entanto, não foi alterado.



**FIGURA 7-** Destaque para o desnível abrupto e aparente da rua Laura de Araújo, em 2010.



**FONTE:** Autora.



**FIGURA 8-** Foto de 2017, sob a mesma perspectiva, com o desnível acentuado por obras de pavimentação

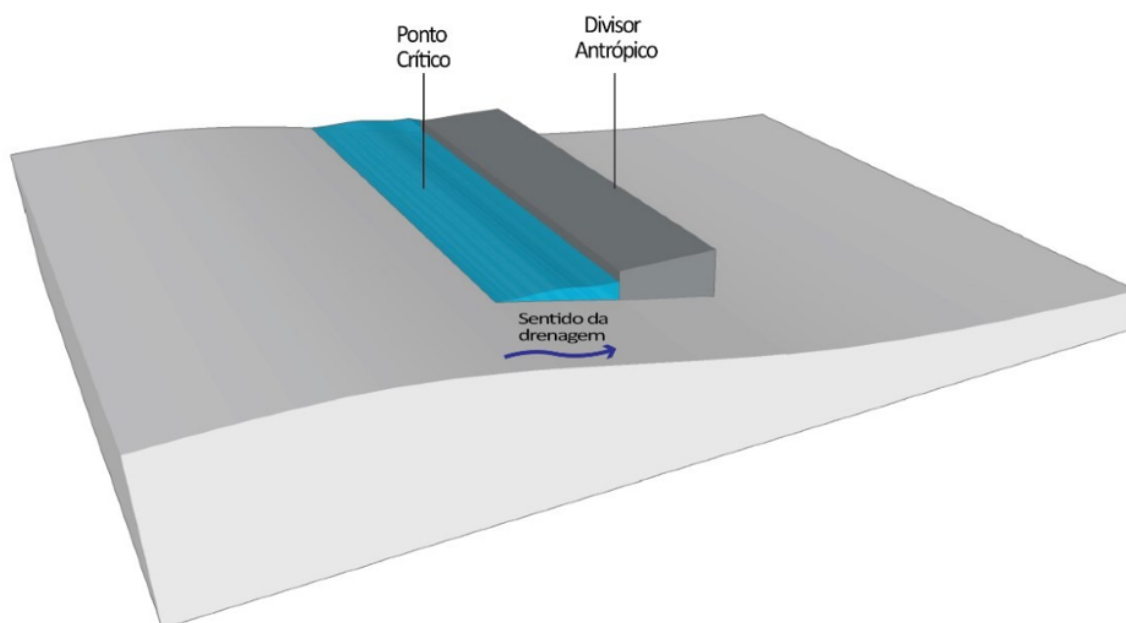
**FONTE:** Autora.



O esquema a seguir (figura 9) ilustra a atuação da estação da Praça XI, mais elevada que as ruas do entorno, na obstrução da passagem dos fluxos superficiais advindos do morro de Santa Teresa. As ruas localizadas antes do divisor antrópico são as que apresentam maior criticidade em relação às ocorrências de alagamento.

**FIGURA 9-** Esquema mostrando o efeito da estação de metrô da Praça Onze enquanto divisor antrópico.

## DIVISOR ANTRÓPICO - BARREIRA



**ELABORAÇÃO:** Fernanda Braga.

Nas ruas Santa Maria e São Martinho (além de suas transversais), foram constatadas situações críticas, com relatos sobre alagamentos que atingem níveis elevados, prejudicando moradores e comerciantes. A figura 10 mostra a marca na parede de um edifício localizado na rua Laura de Araújo, em um ponto intermediário entre as duas ruas supracitadas, denotando a altura atingida pelas águas em uma ocorrência no local.



**FIGURA 10-** Portaria de um edifício na rua Laura de Araújo, com destaque para a linha que mostra a altura atingida pelas águas no alagamento mais recente e a elevação do acesso ao prédio.



**FONTE:** Autora (2017).

A presença de grande quantidade de lixo também é relatada pela população, o que acaba comprometendo a eficiência da estrutura de drenagem urbana existente.

Gomes (2013, p.2) ao caracterizar este trecho, aponta alguns fatores como responsáveis por alagamentos diversos na região, entre eles: “os pontos baixos localizados em função da obra do Metrô ocorrida nas décadas de 70 e 80; o subsolo denso em dutos de concessionárias de serviços públicos, que em muitos casos interceptam a rede de drenagem; e o sistema de drenagem inadequado”. Destaca ainda a influência dos elevados níveis do Canal do Mangue, ponto de deságue das redes pluviais locais, que, em chuvas intensas, dificultam o funcionamento desse sistema.

De ocupação predominantemente residencial e alguns estabelecimentos comerciais dispersos, esta área apresenta pouca visibilidade nos noticiários sobre alagamentos no centro, por se tratar de um local de reduzidas repercussões para o trânsito e por atingir uma população de baixa renda, em geral. No entanto, ressalta-se que a criticidade de uma área não deve considerar somente os prejuízos ao tráfego, mas também uma série de danos diretos e indiretos que afetam o cotidiano da população.

As inundações, enquanto processos naturais, estão presentes no histórico da cidade do Rio de Janeiro antes mesmo da colonização portuguesa, iniciada no século XVI. Seu núcleo inicial de ocupação, que compõe atualmente a Área Central, era



caracterizada por um ambiente de clima tropical úmido e solos alagadiços, entre lagoas e brejos, que representavam limitações ao estabelecimento da população que se dirigia à cidade do Rio de Janeiro.

A vinda da família Real Portuguesa, no início do século XIX, representou um período de expansão e desenvolvimento da cidade, através de investimentos que buscavam atender às novas funções de capital do país.

No entanto, as grandes transformações da paisagem do Centro do Rio de Janeiro ocorreram de maneira mais efetiva no início do século XX, impulsionadas por questões estéticas, de salubridade e de drenagem no Centro, em concomitância à uma política de “expulsão” dos pobres, a fim de ressignificar esta área, valorizando-a. O direcionamento dos recursos para a execução de intervenções urbanas, neste período, já evidencia o privilégio de questões econômicas, em detrimento às demandas ambientais e da população menos abastada, o que se estende até o final do século XX e início do século XXI, quando há um aumento expressivo da aplicação de recursos na infraestrutura, modernização e embelezamento da cidade, com o intuito de torná-la uma cidade global e atrair mais investimentos.

As intervenções promovidas na drenagem e no relevo da Área Central do Rio de Janeiro, no entanto, não alteraram problemas das inundações. A reconstituição histórica das condições físicas do Centro da cidade do Rio de Janeiro sinaliza que, apesar de ser um problema potencializado pela ação humana, estas ocorrências são fenômenos naturais, que já existiam antes da ocupação humana e estão associadas às características de relevo, drenagem, clima e maré.

As características de relevo do Centro, com suas mudanças abruptas de gradiente e encostas densamente ocupadas, permanecem intensificando a concentração das águas pluviais em superfície. Os fluxos laminares são comumente canalizados artificialmente, redirecionando a rede de drenagem superficial de acordo com o trajeto das ruas. Neste caso, os arruamentos substituem as antigas linhas de drenagem.

Os remanescentes de antigos divisores de drenagem, resultantes de uma série de desmontes promovidos, ainda possuem topografia mais elevada que as áreas de seu entorno, direcionando a escoamento superficial. No entanto, com menores declividades, o comportamento da drenagem em relação à velocidade e circulação apresentam modificações significativas.

Não raro, os locais considerados críticos pela recorrência, intensidade e repercussão dos alagamentos, são aqueles onde se situavam áreas de convergência de drenagem pretéritas. A antiga lagoa do Boqueirão (atual Passeio Público), o antigo brejo de Pedro Dias e os pontos onde situavam-se o Saco e Mangal de São Diogo (atual bairro de Cidade



Nova) possuem atualmente uma dinâmica de escoamento de águas que favorece estas ocorrências, já que acompanham o nivelamento do relevo original da cidade, ainda que modificado pelas transformações urbanas.

Por outro lado, as alterações na topografia da cidade, decorrentes da ação humana, podem elevar ou rebaixar áreas, invertendo as características de conversão ou dispersão da drenagem. As antigas lagoas da Sentinela (atual Campo de Santana) e da Lampadosa (atual Tiradentes), constituíam áreas que convergiam e acumulavam a drenagem e atualmente fazem o movimento contrário, dispensando-a.

Estas mudanças nas características topográficas, com a elevação de áreas edificadas, interferem diretamente no escoamento superficial das águas, seccionando e/ou bloqueando a passagem dos fluxos, que passam a ser também delimitados pelos divisores antrópicos. Estas alterações acabam reestruturando as formas de uma bacia e podem provocar a fragmentação das redes de drenagem.

No Centro do Rio de Janeiro, algumas avenidas que se constituem em importantes eixos de circulação, foram construídas em um nível topográfico maior, evitando acúmulos de água no seu percurso. Neste caso, a estrutura em algumas áreas deixaram rebaixados os terrenos que existiam em suas margens, restringindo a passagem franca de águas superficiais transversalmente e criando novos direcionamentos para as águas se deslocarem. Se por um lado, isso facilita a circulação de pessoas na cidade, por outro, pode potencializar alagamentos em alguns pontos.

Em áreas densamente urbanizadas, esse processo interfere diretamente na organização da drenagem.

Como uma área de convergência litorânea, de pequenas dimensões, a rede de drenagem do Centro possuía múltiplas saídas para o escoamento das águas. Com as drásticas intervenções promovidas nos divisores desta seção, as bordas onde se localizavam estas saídas, voltadas para a Baía de Guanabara (na altura do Passeio Público e Praça XV), foram elevadas por edificações, o que remodelou os limites e os caminhos percorridos pela drenagem, criando, além dos novos divisores, uma demanda crescente por estruturas artificiais de drenagem que pudessem conduzir as águas até um local de deságue. Essas galerias pluviais também reorientaram os fluxos, criando uma rede subterrânea que diverge dos caminhos originais desta drenagem, embora permaneça direcionando-a para a Baía de Guanabara.

Quando a elevação dos terrenos ocasiona o bloqueio dos caminhos naturais dos fluxos, há um aumento da demanda por estruturas artificiais, já que o escoamento das



águas torna-se mais concentrado e as galerias locais, projetadas de acordo com uma determinada necessidade, passam a atender uma vazão maior do que aquela para a qual foi planejada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interação entre elementos físicos e humanos torna-se cada vez mais complexa, na medida em que as intervenções antrópicas alteram profundamente elementos da paisagem, no processo de construção do espaço geográfico.

Nesse sentido, novas reflexões, análises teórico-conceituais, bem como o desenvolvimento de metodologias sobre esta questão, precisam ser continuamente produzidas para atender o aprofundamento de tal complexidade. Isso contribui para uma leitura da realidade mais precisa e uma atuação mais efetiva sobre os problemas que afetam a sociedade.

Este trabalho buscou contribuir para essa discussão, sem a pretensão de esgotá-la, com apontamentos, questionamentos e uma proposta conceitual ligada às mudanças provocadas pela ação do homem na superfície terrestre, que interferem na sua topografia e, portanto, na dinâmica de circulação e acumulação das águas.

As mudanças decorrentes do avanço da ocupação urbana trazem impactos ao meio ambiente e à sociedade, modificando os processos e formas existentes, e criam a demanda por ajustes contínuos para solucionar os problemas decorrentes das alterações produzidas. A própria ação humana cria maneiras, nem sempre eficientes e bem planejadas, de ajustar suas ações junto à natureza, criando uma condição de desequilíbrio. Estes ajustes, por vezes, além de não solucionar efetivamente os problemas presentes, criam novas adversidades.

É fundamental que as políticas públicas considerem as características geomorfológicas de uma área e façam um estudo prévio dos impactos das novas construções na dinâmica de drenagem, a fim de evitar os transtornos decorrentes destas ações.



## REFERÊNCIAS

ABREU, M. de A. **Evolução urbana do Rio de Janeiro**. 4. ed. Rio de Janeiro: IPP, 2006.

AMADOR, E. da S. **Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: Homem e natureza**. Rio de Janeiro: E.S. Amador, 1997.

BRAGA, Fernanda Figueiredo. **A atuação dos divisores de drenagem antrópicos: reflexões sobre a influência antrópica nas redes de drenagem aplicadas ao estudo dos alagamentos na área central da cidade do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

COELHO, M. C. N. **Impactos ambientais em áreas urbanas – Teorias, conceitos e métodos de pesquisa**. In: CUNHA, Sandra B. da; GUERRA, Antônio J.T. (Orgs.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

DUARTE, A. C. **Área central da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IBGE, 1967.

INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS (Rio de Janeiro, RJ). **Um passeio no tempo**. Rio de Janeiro: IPP, 2002. Disponível em: <<http://portalgeo.rio.rj.gov.br/EOUrbana/>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

\_\_\_\_\_. Um plano de obras exemplar. Rio de Janeiro: IPP, 2005. (Coleção Rio estudos, n. 148). Disponível em: <http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/>. Acesso em: 17/01/2009.

GOMES, Antônio Humberto Porto. **Grupo de Trabalho Cidade Nova – Manejo de águas pluviais**. Fundação Instituto de Águas do município do Rio de Janeiro – Rio Águas. Rio de Janeiro, 2013.

FREITAS, C. M.; et al. **Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil**. *Ciência e Saúde Coletiva* (Impresso), v.19, n.9, p. 3645-3656, 2014.

PINTO, F. M. **A invenção da cidade nova do Rio de Janeiro: agentes, personagens e planos**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós- Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2007.

TUCCI, C. E. M. **A necessidade do planejamento da drenagem urbana**. In: , C.E.M.; MARQUES, M. L. da Motta (Orgs.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 2000.

UN/ISDR. **Extreme flooding must be ‘turning point’ on disaster response** – UN official, 2013. Disponível em: <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=45261&Cr=flood&Cr1=#.WhqA4FV KuM>. Acesso em: 10 nov. 2017.



# DINÂMICA TEMPORO-ESPACIAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM, MARANHÃO

Cristiane Mouzinho Costa Avelar<sup>1</sup>

Tarcísio de Sousa Andrade<sup>2</sup>

Luiz Carlos Araújo dos Santos<sup>3</sup>

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise geoespacial, Impactos antrópicos, Recursos hídricos, Atividades agrícolas.

## RESUMO

O presente estudo se refere à Bacia Hidrográfica do Rio Mearim (B.H.M), maior bacia hidrográfica do estado do Maranhão, estabelecida dentro dos limites da Amazônia Legal, abrangendo 84 municípios, sendo 50 inseridos totalmente dentro da bacia. Dessa forma, o trabalho objetivou analisar a dinâmica temporo-espacial do uso e cobertura da terra na B.H.M., entre os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023. Para tal análise, fez-se necessário a realização de um levantamento bibliográfico, uso e cobertura da terra, impactos antrópicos e aspectos geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim. Portanto, os principais referenciais teóricos que alicerçaram esta pesquisa foram o Plano de Preservação e Recuperação de Nascentes Bacia Hidrográfica do Rio Mearim (CODEVASF, 2019), o Plano Diretor de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Mearim (Brasil, 2018), Medeiros et al. (2023), Vasconcelos, Lima e Filho (2024), entre outros. Para a confecção do material cartográfico, utilizaram-se os dados do Projeto MapBiomas - Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil (2023), dados vetoriais e relatórios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Serviço Geológico Brasileiro (SGB/CPRM), e os softwares Qgis versão 3.40.0 e ArcMap versão 10.2 para confecção dos mapas. Como resultado, observou-se que as categorias de uso que obtiveram aumento expressivo comparando-se a área do ano de 1985 com 2023 foram: lavouras temporárias, com um aumento de 360.835 km, o que equivale a mais de 300%; seguida da categoria mineração com um acréscimo de 4.719 km, que corresponde a 524%; a categoria pastagem com um incremento de 38.722.687 km, o que representa uma variação de 464%; e área urbanizada com um acréscimo de 160.412 km, que condiz com o aumento percentual de 116%. Quanto aos usos com os maiores percentuais de diminuição, têm-se as florestas alagáveis com um declínio de 1.642.917 km (-71%), as áreas de mosaico de usos com uma diminuição de 2.940.755 km (-57%), e a formação

**1** Doutoranda do PPGeo da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, [mouzinhocostacristiane@gmail.com](mailto:mouzinhocostacristiane@gmail.com)

**2** Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, [andrade311@gmail.com](mailto:andrade311@gmail.com)

**3** Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP; Professor da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, [luizcarlos.uema@gmail.com](mailto:luizcarlos.uema@gmail.com)



florestal, com uma redução de 34.275.295 km (- 50%). Ressalta-se ainda o aparecimento de duas categorias de uso em 2023, que não existiam em 1985 na área, que são a soja e a silvicultura. Porém, comparando os valores do ano de 2015 com 2023, a silvicultura apresentou um aumento percentual de 23%, e a soja apresentou um expressivo acréscimo percentual de 258%, o que reitera o avanço do agronegócio no estado do Maranhão e o crescimento exponencial da sojicultura no estado. Assim, o estudo evidenciou transformações significativas no cenário geoambiental, e um expressivo aumento das atividades antrópicas, especialmente lavouras temporárias, pastagens, mineração e áreas urbanizadas, que avançaram em detrimento de formações florestais, florestas alagáveis e mosaicos de uso. Além disso, o surgimento de novas categorias, como soja e silvicultura, reforça a crescente influência do agronegócio na região. Tais mudanças refletem pressões socioeconômicas e ambientais que demandam políticas públicas mais eficazes para conciliar desenvolvimento e conservação.

## INTRODUÇÃO

A dinâmica temporo-espacial do uso e cobertura da terra em bacias hidrográficas constitui um eixo fundamental nos estudos ambientais, uma vez que reflete as interações entre processos naturais e antrópicos, influenciando diretamente a disponibilidade de recursos hídricos, a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (Rodrigues, 2020; Marçal, 2019). Na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim – B.H.M., localizada no estado do Maranhão, essa dinâmica assume particular relevância devido à sua posição geográfica estratégica, abrangendo áreas de transição entre os biomas Amazônia, Cerrado e zonas costeiras, o que a torna um ambiente de alta sensibilidade ecológica (Cerqueira, 2021; Brito, 2022).

A região tem passado por intensas transformações decorrentes da expansão agropecuária, da mineração e da urbanização, processos que, segundo Marçal (2019), estão associados a padrões de desmatamento e fragmentação de habitats. Essas mudanças impactam não apenas a qualidade da água e a estabilidade dos solos, mas também as comunidades tradicionais que dependem dos recursos naturais da bacia (Rodrigues, 2020). Nesse sentido, investigar a evolução do uso e cobertura da terra na Bacia do Mearim torna-se essencial para subsidiar políticas públicas de gestão territorial sustentável.

A análise das mudanças no uso e cobertura da terra tem sido amplamente discutida na literatura, com enfoque em metodologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Rodrigues (2020) destaca que a utilização de séries temporais de imagens de satélite permite identificar padrões de ocupação do solo e seus impactos ambientais, sendo fundamental para o planejamento regional. Essa abordagem é corroborada por Marçal (2019), que enfatiza a importância de bases de dados consistentes, como as disponibilizadas pelo MapBiomas, para análises em larga escala.

Já Cerqueira (2021) ressalta que, em regiões de transição biogeográfica, como a Bacia do Mearim, as mudanças no uso da terra são ainda mais críticas devido à alta



biodiversidade e à fragilidade dos ecossistemas. A autora aponta que a substituição de vegetação nativa por atividades agropecuárias tem levado à redução de áreas úmidas e à alteração do regime hidrológico. Complementarmente, Brito (2022) argumenta que a expansão da soja e da pecuária no MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) tem pressionado significativamente as bacias hidrográficas locais, exigindo monitoramento contínuo.

Neste sentido este estudo teve como objetivo principal analisar as transformações no uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim entre 1985 e 2023, utilizando dados do Projeto MapBiomias - Coleção 9.

A escolha desse recorte temporal justifica-se pela disponibilidade de dados validados e pela necessidade de compreender as tendências recentes de ocupação territorial, tendo em vista a relevância socioambiental da B.H.M. que é vital para o abastecimento hídrico e a economia local, abrangendo municípios com atividades agrícolas intensivas e comunidades tradicionais. Ressalta-se ainda, que embora existam trabalhos sobre o MATOPIBA, poucos focam especificamente sobre a dinâmica da B. H. M. com séries históricas recentes, cujos resultados podem auxiliam no ordenamento territorial e na conservação de áreas críticas.

A Bacia Hidrográfica do Rio Mearim localiza-se na porção centro-noroeste do estado do Maranhão, este por sua vez encontra-se na região Nordeste do Brasil, e faz divisa com os estados do Piauí (leste), Pará (oeste), Tocantins (sul e sudoeste) e Oceano Atlântico (norte), como disposto na imagem abaixo (Fig.1).

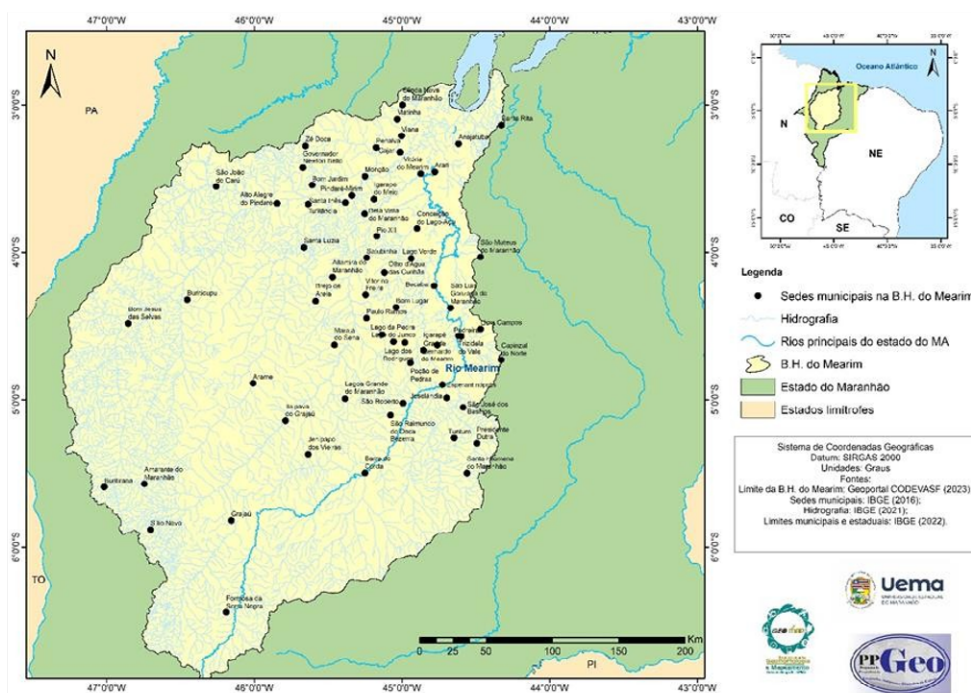


FIGURA 1 – Mapa de localização da B.H.M. do rio Mearim, Maranhão

FONTE: Acervo dos autores, 2025.



Tal bacia é a maior em área no Maranhão, e possui uma área de 99.304,40 km<sup>2</sup>, correspondendo a 30% da área total do Estado. Esta bacia compreende um total de 95 municípios, dos quais, 62 municípios têm suas sedes municipais inseridas na bacia do Mearim. E no ano de 2021 sua população estimada era de 2.398.434 habitantes (CODEVASF, 2021).

Metodologicamente, o estudo baseia-se em técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para classificação e quantificação das alterações, utilizando softwares como QGIS, ArcMap e os dados da plataforma do MapBiomias. A partir da análise multitemporal foi possível identificar tendências de expansão agrícola, desmatamento, urbanização e regeneração de vegetação nativa.

Os resultados preliminares indicam uma significativa conversão de áreas naturais para atividades agropecuárias, com redução de formações florestais e aumento de pastagens e cultivos, em consonância com os achados de Rodrigues (2020) e Cerqueira (2021) para outras regiões do Matopiba. As discussões evidenciam a pressão sobre os ecossistemas locais, com reflexos na disponibilidade hídrica e na perda de biodiversidade.

Em síntese, este trabalho contribui para o entendimento das dinâmicas territoriais na Bacia do Mearim, e evidencia a importância do monitoramento contínuo do uso da terra na Bacia do Mearim, destacando padrões de ocupação que exigem intervenções regulatórias. Os resultados reforçam a urgência de políticas que conciliem produção agrícola e conservação, em linha com as discussões teóricas apresentadas. Futuros estudos poderão incorporar análises de cenários climáticos e modelagem preditiva, aprofundando a compreensão das dinâmicas territoriais na região.

## **METODOLOGIA**

Esta pesquisa seguiu a abordagem quali-quantitativa. Para Minayo (1997) em uma pesquisa científica, os tratamentos quantitativos e qualitativos dos resultados podem ser complementares, enriquecendo a análise e as discussões finais. Portanto foi realizado uma pesquisa bibliográfica, levantamento dos dados cartográficos, elaboração dos mapas e análise e discussão dos resultados encontrados.

Para embasar a discussão sobre a temática foi necessário realizar o levantamento de material bibliográfico como livros, artigos, dissertações e teses referentes a dinâmica de bacias hidrográficas, uso e cobertura da terra e dados geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim. Para tal utilizou-se o portal de periódicos CAPES, a plataforma Scielo e a plataforma de revisão de literatura Research Rabbit.

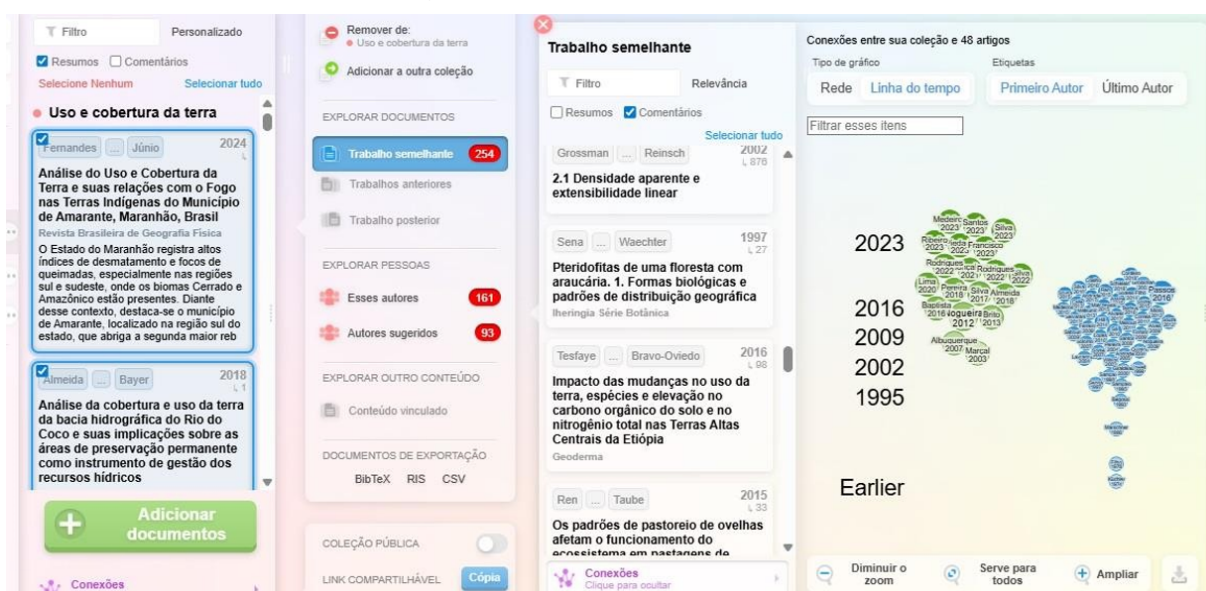


A plataforma Research Rabbit é um site que oferece uma ferramenta de descoberta visual de artigos científicos, redes de autores e coleções compartilhadas. Ele usa inteligência artificial para ajudar os pesquisadores a encontrar e explorar a literatura relevante para seus interesses (Figura 2).

Quanto ao levantamento cartográfico da B.H.M. utilizou-se para a compilação e análise a base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016, 2021, 2022), respectivamente para sedes municipais, hidrografia e limites estaduais e municipais. Para o limite da bacia utilizou-se a partir da CODEVASF (2023).

A partir desses dados, construiu-se o mapeamento necessário para compor a caracterização geoambiental da área de estudo.

**FIGURA 2** – Revisão bibliográfica da pesquisa através da plataforma Research Rabbit



**FONTE:** Arcevo dos autores, 2025.

As informações georreferenciadas relativas à cobertura e uso do solo, foram obtidas a partir da do Projeto MapBiomass - Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil (2023). Para a realização dos cálculos e elaboração dos gráficos, os dados foram agrupados em classes, e posteriormente elaborados tabelas e gráficos para visualização dos resultados.

Por fim, para a elaboração dos mapas e análise dos dados utilizou-se o software Qgis versão 3.40.0 e ArcMap versão 10.2.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização geoambiental da área de estudo

A Bacia do Mearim é a maior bacia do estado do Maranhão contando com uma rica biodiversidade tendo em seus limites: manguezais, cerrado, e floresta amazônica; tudo isso bem distribuído pelos seus longos 742 km de extensão. O rio Mearim nasce no centro sul do estado do Maranhão e tem sua foz na baía de São Marcos (CODEVASF, 2019).

O rio Mearim nasce mais precisamente, no município de Formosa da Serra Negra nas encostas da Serra da Menina, em altitude de aproximadamente 460 m, seguindo um longo trajeto na direção sudoeste-nordeste até a cidade de Esperantinópolis, onde após receber as contribuições do rio Flores, direciona-se para o norte, indo desaguar no Oceano Atlântico pela baía de São Marcos.

Os principais tributários do rio Mearim pela margem direita são o rio Corda, com 130,8 km de extensão, e o rio Flores com extensão de 152,8 km. Pela margem esquerda destacam-se os rios Pindaré com 569,2 km, o mais extenso afluente da bacia e o rio Grajaú, com 546,3 km (CODEVASF, 2019).

Do ponto de vista geológico, ela faz parte da bacia sedimentar Grajaú–São Luís, e sua evolução geológica pode ser entendida em cinco etapas principais: (I) Albiano, com formação da paleodrenagem; (II) Campaniano, ativação de falhamentos e erosão regressiva; (III) Oligoceno Superior, rebaixamento do nível do mar; (IV) Mioceno Médio, desmantelamento da cobertura laterítica e captura do lineamento do rio Grajaú; e (V) PlioPleistoceno, com implantação de planícies e diferenciação espacial entre as porções leste e oeste da bacia (Lima, 2013).

Conforme Brasil (2018) a Bacia Hidrográfica do Mearim abrange formações geológicas sedimentares das Bacias do Parnaíba, Alpercatas e Grajaú, sendo esta última a mais extensa. Portanto a B.H.M. é composta pela Formação Sambaíba, Formação Mosquito, Formação Grajaú, Grupo Itapecuru e por Coberturas Cenozóicas.

A Formação Sambaíba é datada do Triássico Inferior e tem em sua composição Arenitos avermelhados e esbranquiçados de origem eólica (desértica), que podem ser encontrados no sudeste da bacia.

Quanto a Formação Mosquito (Jurássico Inferior), esta é formada por derrames basálticos relacionados à abertura do Atlântico, no sul da bacia. Já a Formação Corda (Jurássico Superior), apresenta uma composição de arenitos conglomeráticos, folhelhos e siltitos, indicando ambientes desérticos, fluviais e lacustres.



Sobre a Formação Grajaú (Cretáceo Inferior), é formada por arenitos depositados em sistemas flúvio-deltáicos e eólicos, explorados para areia. Na Formação Codó (Cretáceo Inferior), há presença de calcários e gipsita formados em ambiente lacustre hipersalino, economicamente relevante.

No tocante ao Grupo Itapecuru (Cretáceo Inferior), que é a mais extensa, sua composição é de arenitos e folhelhos de ambientes transicionais (marés e deltas), importante para recursos hídricos subterrâneos. Quanto a Formação Ipixuna (Cretáceo Superior), esta caracteriza-se por depósitos flúvio-lacustres com bauxita e caulim, no oeste da bacia.

Quanto as Coberturas Cenozóicas (Mioceno-Holoceno), estas são: Lateríticas Imaturas, Grupo Barreiras, Depósitos Colúvio-Eluviais, Depósitos Flúvio-Lagunares, Depósitos de Pântanos e Mangues e Depósitos Aluvionares.

As Coberturas Lateríticas Imaturas (Mioceno), caracterizam-se como depósitos pouco evoluídos, presente no oeste da bacia. Já o Grupo Barreiras (Mioceno-Plioceno) apresenta composição de Arenitos ferruginosos em ambiente transicional.

No que se refere aos Depósitos Colúvio-Eluviais (Plioceno), estes são formados por materiais inconsolidados no alto curso do Rio Grajaú. Quanto aos Depósitos Flúvio-Lagunares (Pleistoceno), estes caracterizam-se por Areias e pelitos de planícies de inundação.

Sobre os Depósitos de Pântanos e Mangues (Holoceno), eles são sedimentos influenciados por marés na foz. E por fim os Depósitos Aluvionares (Holoceno), constituem-se por areias e cascalhos ao longo dos rios.

Quanto a altimetria e declividade a B.H.M. apresenta um relevo majoritariamente plano, com as maiores declividades localizadas na porção oeste e no médio curso. No baixo curso, predominam áreas planas, propícias à formação de lagos, meandros fluviais e alagamentos durante a estação chuvosa.

Quanto à hipsometria, há uma diferença significativa de altitude entre o médio e o baixo curso, indicando uma ruptura no relevo. Essa ruptura coincide com um lineamento geológico, sugerindo uma grande falha que divide a bacia em dois blocos distintos: um mais elevado, no alto e médio curso, e outro mais baixo, no baixo curso (Brasil, 2018).

Sobre os aspectos pedológicos da B.H.M., ela é predominantemente recoberta por solos das classes Latossolos, Plintossolos e Argissolos, sendo as outras classes com menor distribuição. Os solos predominantes somados recobrem uma área de 174.474,68 km<sup>2</sup>, o que equivalente a aproximadamente 76% do território da área de estudo.



De maneira resumida, cada classe tem características morfológicas e ambientais distintas. Os Argissolos destacam-se pelo aumento de argila no horizonte Bt, os Gleissolos pela hidromorfia (saturação hídrica) e os Latossolos pelo alto grau de intemperização e boa drenagem.

No que se refere a pluviometria, segundo dados do Plano das Nascentes do rio Mearim (CODEVASF, 2019) há uma grande variação nos volumes de chuva durante o ano na B.H.M., com duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa e outra seca.

Lima (2013) aponta que houve neotectonismo no baixo curso, responsável pela configuração das drenagens e das planícies flúvio-lacustres (Lima, 2013). Portanto, a baixa declividade e as elevadas precipitações fazem com que a região principalmente a composta pelos municípios de Bacabal, Trizidela do Vale e Pedreiras seja alvo frequente de inundações, sendo que a média anual de precipitação nessa área chega a 1.550mm (CODEVASF, 2019).

Os autores citados acima, afirmam que a bacia hidrográfica do Mearim abrange dois biomas principais: o Amazônico e o Cerrado, cada um com sua vegetação característica, mas que sofre diferentes graus de degradação. De acordo com o IBGE (2012), no bioma Amazônico predominam formações como a Floresta Ombrófila Densa, Florestas Estacionais (Decidual e Semidecidual), vegetação pioneira com influência fluvial e lacustre, além de áreas secundárias com palmeiras, como o babaçu, carnaúba, açaí e buriti. Conforme Brasil (2006), o babaçu (*Attalea speciosa*) merece destaque por seu valor econômico e social, sendo base da Mata de Cocais, uma vegetação secundária que surge após a derrubada da floresta original. No entanto, grande parte desse bioma está bastante alterada devido ao desmatamento para extração de madeira, expansão agropecuária e cultivo de espécies exóticas (Maranhão, 2014), restando apenas fragmentos degradados com muitas espécies pioneiras.

Já no Cerrado, segundo o IBGE (2012), as formações vegetais incluem Savanas Arborizadas (como Cerrado Típico e Campo Cerrado), Savanas Parque (Campo Sujo, Campo-de-Murundus) e Cerradão. Esse bioma ainda preserva traços originais em áreas mais isoladas, especialmente em terras indígenas, mas, conforme Maranhão (2014), já enfrenta pressão da atividade humana, principalmente no meio rural. Assim, enquanto o bioma Amazônico na bacia do Mearim está altamente degradado, o Cerrado ainda mantém parte de sua cobertura vegetal, embora sob ameaça crescente de alterações antrópicas.

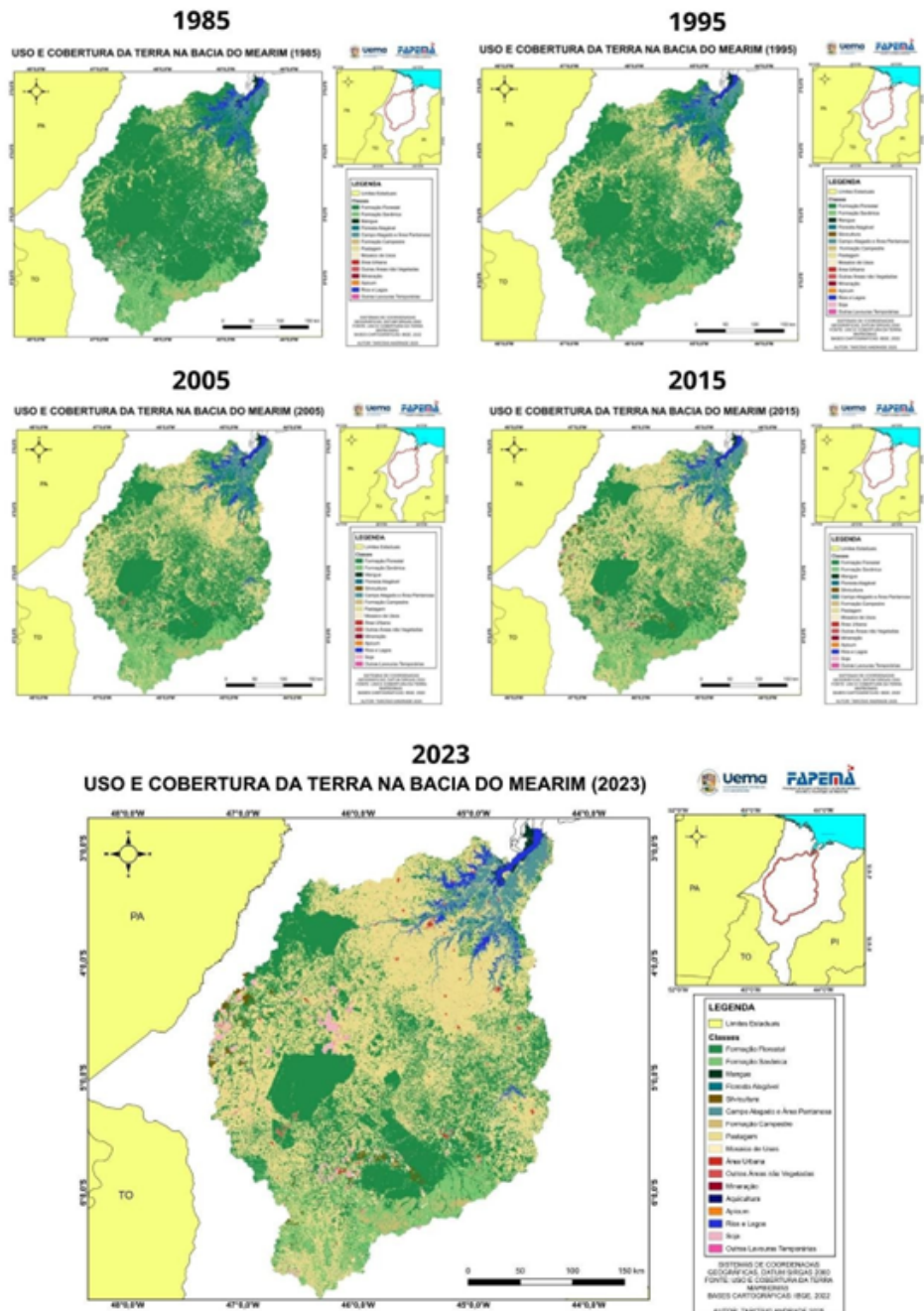
Segundo dados do MapBiomas (2023), o Maranhão é um dos estados que mais desmatam o Cerrado, principalmente devido à expansão da agricultura mecanizada



(soja, milho, eucalipto) e da pecuária. Entre 1985 e 2023, o estado perdeu mais de 50% de sua cobertura original de Cerrado, com taxas anuais de desmatamento variando entre 1% e 2,5%.

## Mudanças de uso e cobertura da terra na Bacia do Rio Mearim (1985 -2023)

Os mapas de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim dos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023, revelam transformações significativas no território, especialmente relacionadas à redução de áreas naturais e aumento de atividades antrópicas como agricultura, pastagem e urbanização (Figura 3).



**FIGURA 3** – Uso e cobertura da terra na B.H. do Rio Mearim, Maranhão.  
**FONTE:** Elaborado pelos autores a partir dos dados do MapBiomass (2024).



No período de 1985 a 1995 (quadro 1) observa-se pequenas alterações na B.H.M., com os primeiros sinais de fragmentação florestal e avanço de pastagens e os primeiros núcleos de mineração e sojicultura. Nesse intervalo a preservação ainda é predominante.

**QUADRO 1** – Comparativo das mudanças de uso e cobertura da terra 1985x1995 na B.H.M.

CATEGORIAS DE USO	1985 (KM <sup>2</sup> )	1995 (KM <sup>2</sup> )	MUDANÇA (KM <sup>2</sup> )	MUDANÇA (%)
Formação florestal	67.908.128	56194932	-11.713.196	-17,25
Formação savânica	9.370.149	8.515.305	-854.844	-9,12
Mangue	254.150	266.326	12.176	4,79
Floresta alagável	2.326.240	2.234.434	-91.806	-3,95
Silvicultura	0	2.147	-	-
Campo alagado	2.386.306	2.744.023	357.717	14,99
Formação campestre	1.128.773	1.130.291	1.518	0,13
Pastagem	8.348.322	22447100	14.098.778	168,88
Mosaico de usos	5.116.230	3.622.356	-1.493.874	-29,20
Área urbanizada	138.564	192.730	54.166	39,09
<b>Outras áreas não vegetadas</b>	190.378	131.220	-59.158	<b>-31,07</b>
<b>Mineração</b>	1	1.644	1.826	<b>182.566,67</b>
Apicum	4.701	5.717	1.016	21,61
Rios, lagos e oceano	1.789.574	1.463.122	-326.452	-18,24
Soja	0	0.009	-	-
Outras lavouras temporárias	1.135	12.196	11.061	974,54

**FONTE:** Elaborado pelos autores a partir dos dados do MapBiomass (2024).

De 1995 a 2005 (quadro 2) a expansão de áreas agrícolas são destaque, incluindo a soja e silvicultura. Além dessas categorias, há um aumento de áreas urbanas e mineração em detrimento da redução significativa da vegetação nativa.

No comparativo dos anos de 2005 e 2015 (quadro 3), ocorre a expansão acelerada da soja e de outras lavouras temporárias. Observa-se ainda a fragmentação intensa da cobertura florestal e savânica (Cerrado), e o aumento de áreas não vegetadas, o que pode indicar possíveis áreas de degradação.

Quanto ao período de 2015 a 2023 (quadro 4) há um aumento em lavouras temporárias, soja e silvicultura. Quanto a diminuição, as classes mais atingidas foram as áreas de apicum e formações florestais.



**QUADRO 2** – Comparativo das mudanças de uso e cobertura da terra 1995x2005 na B.H.M.

CATEGORIAS DE USO	1995 (KM <sup>2</sup> )	2005(KM <sup>2</sup> )	MUDANÇA (KM <sup>2</sup> )	MUDANÇA (%)
Formação florestal	56194932,00	47242938,00	-0,16	-15,93
Formação savânica	8.515.305	7.985.412	-0,06	-6,22
Mangue	266.326	253.429	-0,05	-4,84
Floresta alagável	2.234.434	2.004.673	-0,10	-10,28
Silvicultura	2.147	188.444	86,77	8.677,08
Campo alagado	2.744.023	2.999.669	0,09	9,32
Formação campestre	1.130.291	1.121.365	-0,01	-0,79
Pastagem	22447100	33256486	0,48	48,15
Mosaico de usos	3.622.356	2.085.103	-0,42	-42,44
Área urbanizada	192.730	219.986	0,14	14,14
Outras áreas não vegetadas	131.220	118.373	-0,10	-9,79
Mineração	1.644	3.905	1,38	137,53
Apicum	5.717	9.127	0,60	59,65
Rios, lagos e oceano	1.463.122	1.407.223	-0,04	-3,82
Soja	0,01	41,42	4.602	460.166,67
Outras lavouras temporárias	12.196	26.005	1,13	113,23

**FONTE:** Elaborado pelos autores a partir dos dados do MapBiomias (2024).

**QUADRO 3** – Comparativo das mudanças de uso e cobertura da terra 2005x2015 na B.H.M.

CATEGORIAS DE USO	2005 (KM <sup>2</sup> )	2015 (KM <sup>2</sup> )	MUDANÇA (KM <sup>2</sup> )	VARIAÇÃO (%)
Formação florestal	47242938	34209697,00	-13.033.241	-27,59
Formação savânica	7.985.412	8054665,00	69.253	0,87
Mangue	253.429	254441,00	1.012	0,40
Floresta alagável	2.004.673	2991160,00	986.487	49,21
Silvicultura	188.444	452561,00	264.117	140,16
Campo alagado	2.999.669	2703894,00	-295.775	-9,86
Formação campestre	1.121.365	1811467,00	690.102	61,54
Pastagem	33256486	42851858,00	9.595.372	28,85
Mosaico de usos	2.085.103	3650572,00	1.565.469	75,08
Área urbanizada	219.986	197384,00	-22.602	-10,27
Outras áreas não vegetadas	118.373	69472,00	-48.901	-41,31
Mineração	3.905	4942,00	1.037	26,56
Apicum	9.127	5219,00	-3.908	-42,82
Rios, lagos e oceano	1.407.223	1173370,00	-233.853	-16,62
Soja	41.424	299105,00	257.681	622,06
Outras lavouras temporárias	26.005	279411,00	253.406	974,45

**FONTE:** Elaborado pelos autores a partir dos dados do MapBiomias (2024).



Em síntese, entre 1985 e 2023, a Bacia Hidrográfica do Rio Mearim passou de um território majoritariamente natural para uma paisagem cada vez mais dominada por usos agropecuários e urbanos. As alterações são consistentes com os padrões de expansão do agronegócio e da mineração na região, o que percebe-se pelo aparecimento das categorias de sojicultura e silvicultura na área de estudo (Quadro 4). Tais alterações acarretam na perda da biodiversidade, risco de desabastecimento hídrico e aumento da vulnerabilidade ambiental da bacia.

**QUADRO 4** – Comparativo das mudanças de uso e cobertura da terra 2015x2023 na B.H.M.

CATEGORIAS DE USO	2015 (KM <sup>2</sup> )	2023(KM <sup>2</sup> )	MUDANÇA (KM <sup>2</sup> )	VARIAÇÃO (%)
Formação florestal	34209697,00	33632833	-576.864	-1,69
Formação savânica	8054665,00	6.007.446	-2.047.219	-25,42
Mangue	254441,00	264.085	9.644	3,79
<b>Floresta alagável</b>	2991160,00	683.323	-2.307.837	<b>-77,16</b>
Silvicultura	452561,00	556.223	103.662	22,91
Campo alagado	2703894,00	3.946.279	1.242.385	45,95
Formação campestre	1811467,00	968.805	-842.662	-46,52
Pastagem	42851858,00	4771009	-38.080.849	<b>-88,87</b>
Mosaico de usos	3650572,00	2.175.475	-1.475.097	-40,41
Área urbanizada	197384,00	298.976	101.592	51,47
<b>Outras áreas não vegetadas</b>	69472,00	326.970	257.498	370,65
Mineração	4942,00	5.619	677	13,70
Aquicultura		0.751		
Apicum	5219,00	4.443	-776	-14,87
Rios, lagos e oceano	1173370,00	1.590.349	416.979	35,54
<b>Soja</b>	299105,00	1.069.892	770.787	<b>257,70</b>
Outras lavouras temporárias	279411,00	361.092	81.681	29,23

**FONTE:** Elaborado pelos autores a partir dos dados do MapBiomias (2024).

Quando comparamos o ano de 1985 com 2023 (quadro 5) observou-se que as categorias de uso que obtiveram aumento expressivo foram: lavouras temporárias, com um aumento de 360.835 km, o que equivale a mais de 300%; seguida da categoria mineração com um acréscimo de 4.719 km, que corresponde a 524%; a categoria pastagem com um incremento de 38.722.687 km, o que representa uma variação de 464%; e área urbanizada com um acréscimo de 160.412 km, que condiz com o aumento percentual de 116%.



**QUADRO 5** – Comparativo das mudanças de uso e cobertura da terra 1985x2023 na B.H.M.

CATEGORIAS DE USO	1985 (KM)	2023 (KM)	MUDANÇA	VARIAÇÃO
Pastagem	8.348.322	47.071.009	-38.722.687	464%
Lavouras temporárias	1.135	361.970	-360.835	31792%
Mineração	900	5.619	-4.719	524%
Área urbanizada	138.564	298.976	-160.412	6%
Outras áreas não vegetadas	190.378	326.970	-136.592	72%
Campo alagado	2.386.306	3.946.279	-1.559.973	65%
Mangue	254.150	264.085	-9.935	4%
Apicum	4.701	4.443	258	-5%
Rios, lagos e oceano	1.789.574	1.590.349	199.225	-11%
Formação Campestre	1.128.773	968.805	159.968	-14%
Formação Savânica	9.370.149	6.007.446	3.362.703	-36%
Formação Florestal	67.908.128	33.632.833,0	34.275.295	-50%
Mosaico de usos	5.116.230	2.175.475	2.940.755	-57%
Floresta alagável	2.326.240	683.323	1.642.917	-71%
*Soja	299.105	1.069.892	-770.787	258%
*Silvicultura	452561	556.223	-103.662	23%
Aquicultura		0.751		

\* As categorias soja e silvicultura ainda não existiam na área em 1985, portanto utilizou-se os valores do ano de 2015.

**FONTE:** Elaborado pelos autores a partir dos dados do MapBiomias (2024).

Quanto aos usos com os maiores percentuais de diminuição, têm-se as florestas alagáveis com um declínio de 1.642.917 km (-71%), as áreas de mosaico de usos com uma diminuição de 2.940.755 km (-57%), e a formação florestal, com uma redução de 34.275.295 km (-50%). Ressalta-se ainda o aparecimento de duas categorias de uso em 2023, que não existiam em 1985 na área, que são a soja e a silvicultura. . Porém, comparando os valores do ano de 2015 com 2023, a silvicultura apresentou um aumento percentual de 23%, e a soja apresentou um expressivo acréscimo percentual de 258%, o que reitera o avanço do agronegócio no estado do Maranhão e o crescimento exponencial da sojicultura no estado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise multitemporal do uso e cobertura da terra na Bacia do Mearim entre os anos de 1985 e 2023 revela uma profunda transformação da paisagem natural, marcada pela expansão de atividades antrópicas, especialmente agropecuárias e urbanas. Observou-se uma expressiva redução das formações florestais e savânicas, acompanhada por um aumento contínuo de áreas de pastagem, agricultura (em



especial soja), silvicultura, mineração e mosaicos de uso. Tais mudanças refletem a intensificação das pressões sobre os recursos naturais e a substituição de ecossistemas nativos por usos econômicos.

A partir do objetivo deste artigo foi possível fornecer um panorama espacial e temporal detalhado sobre a dinâmica de ocupação da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, o que pode subsidiar ações de planejamento ambiental e territorial; auxiliar na identificação de áreas críticas para conservação, especialmente nas zonas de recarga hídrica e de vegetação remanescente; e apoiar à formulação de políticas públicas voltadas à gestão sustentável da bacia hidrográfica, com base em evidências geoespaciais.

## *Agradecimentos:*

**A**gradecemos à Fundação de Amparo à pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, pelo financiamento desta pesquisa. Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço – PPGeo da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, e a Universidade Estadual do Maranhão pelo apoio que possibilitou a realização desta pesquisa.



## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mata de Cocais: características e importância**. Brasília, 2006.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Plano Diretor de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Mearim**. Brasília: ANA, 2018. (Série Planejamento de Recursos Hídricos, V. 15).
- BRITO, M. S. Sensibilidade ecológica em áreas de transição: análise da Bacia Hidrográfica do Mearim. **Cadernos de Geografia**, V. 42, n. 3, p. 112-130, 2022.
- CERQUEIRA, P. R. Transição ecológica na Bacia do Rio Mearim: interações entre Amazônia, Cerrado e zonas costeiras. **Revista Brasileira de Geociências**, V. 15, n. 2, p. 45-60, 2021.
- CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Plano Nascente Mearim: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia hidrográfica do rio Mearim**. Brasília: Codevasf, 2019.
- CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Limite oficial da bacia hidrográfica do rio Mearim – MA, 2023. Disponível em: <https://geoportal.codevasf.gov.br/portal/home/item.html?id=ac46008f7bd14f08a437a70425e437d3/about>. Acesso em: jun. 2025.
- IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malhas municipais. 2016; 2021; 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 10 out. 2023.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Bacias e divisões hidrográficas do Brasil 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/31653-bacias-e-divisoes-hidrograficas-do-brasil.html>. Acesso em: mar. 2023.
- LIMA, A. D. S. **Análise geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim-MA a partir do quadro geológico regional**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2013.
- MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Relatório de Conservação do Bioma Cerrado no Maranhão**. São Luís, 2014.
- MAPBIOMAS. **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. [S. l.]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 26 jul. 2024.
- MAPBIOMAS. **Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. [S. l.]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 20 dez. 2024.
- MEDEIROS, J. P.; SILVA, M. A.; COSTA, Carlos R. Análise da degradação de nascentes na bacia do Mearim: impactos e soluções. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 28, p. 1-15, 2023. Disponível em: <https://doi.org/xxxx>. Acesso em: 21 jul. 2024.
- MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec, 1997.
- RODRIGUES, A. C. Dinâmica do uso e cobertura da terra em bacias hidrográficas: impactos sobre os recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 13, n. 5, p. 2105- 2120, 2020.
- RESEARCHRABBIT. *ResearchRabbit: AI-powered literature discovery tool*. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.researchrabbit.ai/>. Acesso em: 21 jul. 2024.
- MARÇAL, B. S. **Serviços ecossistêmicos e mudanças de cobertura vegetal: estudo de caso na Bacia do Mearim**. São Luís: EDUFMA, 2019. 150 p.
- VASCONCELOS, R. S.; LIMA, T. C.; FILHO, J. M. Dinâmica hidrológica e impactos antrópicos na Bacia do Mearim. In: SILVA, L. P. (org.). **Gestão de Bacias Hidrográficas no Nordeste Brasileiro**. Teresina: EDUFPI, 2024. p. 89-110.