



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - CECEN  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – DEGEO  
CURSO DE GEOGRAFIA**

**KELVIN BARBOSA CANTANHEDE DA SILVA**

**OCORRÊNCIAS EROSIVAS EM ÁREA PERIURBANA DE SÃO BRÁS E  
MACACO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR - MA**

São Luís

2025

**KELVIN BARBOSA CANTANHEDE DA SILVA**

**OCORRÊNCIAS EROSIVAS EM ÁREA PERIURBANA DE SÃO BRÁS E  
MACACO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR - MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Geografia, pela Universidade Estadual do Maranhão, Campus São Luís - MA, como requisito parcial para a obtenção do grau de licenciatura em Geografia (Licenciatura).

Orientador: Prof. Dr. Luíz Carlos Araújo dos Santos

São Luís

2025

Silva, Kelvin Barbosa Cantanhede da.

Ocorrências erosivas em área periurbana de São Brás e Macaco no município de São José de Ribamar - MA /Kelvin Barbosa Cantanhede da Silva. – São Luís, MA, 2020.

127 f.

TCC (Graduação em Geografia Licenciatura) – Universidade Estadual do Maranhão, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos de Araújo dos Santos

1. Espaço Periurbano. 2. Geotecnologia. 3. Processos Erosivos. I. Título.

CDU: CDU: 551.3.053(812.1)

**KELVIN BARBOSA CANTANHEDE DA SILVA**


**OCORRÊNCIAS EROSIVAS EM ÁREA PERIURBANA DE SÃO BRÁS E  
MACACO, NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR - MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Geografia, pela Universidade  
Estadual do Maranhão, Campus São Luís,  
como requisito parcial para a obtenção do  
grau de Licenciatura em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luíz Carlos Araujo dos  
Santos

Aprovado em: 30/06/ 2025


**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **LUÍZ CARLOS ARAUJO DOS SANTOS**  
Data: 09/07/2025 10:43:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Luíz Carlos Araujo dos Santos (Orientador)**


Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
 **JOSE FERNANDO RODRIGUES BEZERRA**  
Data: 10/07/2025 10:48:20-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof.Dr.: José Fernando Rodrigues Bezerra (1º Examinador)**

Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
 **CRISTIANE MOUZINHO COSTA AVELAR**  
Data: 09/07/2025 11:15:22-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof(a). Me.: Cristiane Mouzinho Costa Avelar (2º Examinador)**

Universidade Estadual do Maranhão

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por minha vida e pela sua misericórdia infinita. Agradeço a minha mãe, Euzelita Barbosa Cantanhede e a minha avó, Raimunda Oliveira Cantanhede por todas as orações pela minha vida, por todo apoio nas horas mais difíceis e por serem meus grandes exemplos de força e perseverança.

Ao professor Luíz Carlos Araujo dos Santos, pela confiança, pelo apoio e orientações neste trabalho e nos próximos que virão, se Deus permitir.

A Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), pela oportunidade de fazer parte desta instituição, pela estrutura acadêmica, pelo apoio ao discentes e docentes.

Ao Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP), e a todos os seus membros, professores e bolsistas que me acolheram e sempre me auxiliaram em todas as minhas dúvidas e em minhas pesquisas, como também ao laboratório de Geociências, onde foi possível a realização de minhas análises e a todos os responsáveis pelo uso e manutenção dos equipamentos que são cruciais para a realização de produções em Geografia e áreas afins, que prossigam em renovação, ampliação e modernização de todos os laboratórios desta instituição.

Agradeço aos amigos de dentro e fora da graduação, e a todos professores que fizeram parte desta trajetória: Gilberlene Lisboa, Marly Moraes, Vitória Glayce, Warlefe Cruz, Giselle Martins, Wadrian Sousa, Weslem Rodrigues, Dayane Lopes, Taynara, Fernando, Daniele Ferreira, Karina Gouvea, Isabel Silva, Paula Santana, Débora Frazão, Ícaro Sousa, Ádrya, Vinícius Chagas, Ana Beatriz, Márcio, Rayane, Giselle, Monique, Erick, Darlyson, Dieisson, Angelica, Keyvyson Luís, Nadilson, André, Van Joseph, Jhonatan, Carlos Daniel; Gutemberg e muitos outros para além da minha limitada memória, que possamos nos encontrar novamente em outras oportunidades e trabalhos pela vida á fora.

Ao corpo docente da UEMA, por compartilharem todos os conhecimentos e pela dedicação em ensinar e pela compreensão em todos os sentidos.

Obrigado a todos!

As modificações da paisagem natural escondem aquilo que já foi um dia um ambiente em equilíbrio, as construções e vias não manifestam a exuberância da vegetação de outrora. Tudo entra em um estado de esquecimento, o cotidiano torna-se um véu, até que um dia a natureza resolve retirá-lo.

**(Autor Desconhecido)**

## **RESUMO**

O presente estudo abordou a caracterização de processos erosivos acelerados pela expansão urbana e pelas atividades antrópicas que ocorrem no bairro São Brás e Macaco, localizado no município de São José de Ribamar – MA, um dos quatro municípios da Ilha do Maranhão. O objetivo da pesquisa é analisar e caracterizar as ocorrências erosivas na região; A metodologia baseou-se em pesquisa bibliográfica e cartográfica, com a análise de imagens de sensoriamento remoto, produção de mapas como os de uso e cobertura, declividade e solos, além do trabalho de campo para coletas de amostras de solo e análises dos atributos físicos em laboratório. O estudo identificou quatro pontos de ocorrências erosivas, cujas causas envolvem as características do relevo que favorece ao escoamento superficial e atividades antrópicas referentes a remoção de vegetação nativa, mineração irregular e descarte inadequado de resíduos sólidos. Essas práticas agravam os processos erosivos, impactam a biodiversidade e ameaçam as reservas hídricas. A região periurbana dos bairros São Brás e Macaco desempenha papel econômico relevante, mas sofre com expansão urbana desordenada. Para conter os impactos ambientais e preservar serviços ecossistêmicos, é crucial envolver a comunidade e intensificar medidas de fiscalização e conscientização ambiental. O trabalho de caráter inicial busca subsidiar futuras análises e práticas agrícolas sustentáveis, beneficiando a população local.

**Palavras-chave:** Espaço Periurbano; Geotecnologia; Processos Erosivos.

## ABSTRACT

This study addresses the characterization of erosive processes accelerated by urban expansion and anthropogenic activities occurring in the São Brás and Macaco neighborhoods, located in the municipality of São José de Ribamar – MA, one of the four large municipalities on the greater Island of Maranhão. The research objective is to analyze and characterize the erosive occurrences in the region. The methodology was based on bibliographic and cartographic research, including the analysis of remote sensing images, the production of maps such as land use and cover, slope, and soils, in addition to fieldwork for collecting soil samples and analyzing their physical attributes in the laboratory. The study identified four points of erosive occurrences, whose causes involve relief characteristics that favor surface runoff and anthropogenic activities related to the removal of native vegetation, irregular mining, and improper disposal of solid waste. These practices worsen erosive processes, impact biodiversity, and threaten water reserves. The peri-urban region of the São Brás and Macaco neighborhoods plays a relevant economic role but suffers from disorderly urban expansion. To contain environmental impacts and preserve ecosystem services, it's crucial to involve the community and intensify inspection measures and environmental awareness. This initial work aims to subsidize future analyses and sustainable agricultural practices, benefiting the local population.

**Keywords:** Peri-urban Space, Geotechnology, Erosive Processes.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa de localização do bairro São Brás e Macaco .....	16
<b>Figura 2</b> - Ação do Splash no início do processo erosivo .....	32
<b>Figura 3</b> - Os espaços existentes entre as partículas do solo (poros), preenchidos por água e ar.....	32
<b>Figura 4</b> - As tipologias das voçorocas quanto a rede de drenagem. ....	36
<b>Figura 5</b> - Classificação das Voçorocas de acordo com suas formas .....	37
<b>Figura 6</b> - Drone utilizado nas atividades de campo. ....	50
<b>Figura 7</b> - Procedimentos de coleta de amostra de solo .....	52
<b>Figura 8</b> - Infiltrômetro .....	53
<b>Figura 9</b> - Procedimentos de laboratório para a obtenção da densidade do solo.....	55
<b>Figura 10</b> - Balões volumétricos contendo amostras de solo .....	56
<b>Figura 11</b> - Procedimento de ataque das amostras. ....	58
<b>Figura 12</b> - Frascos de Erlenmeyer contendo amostras de solo e solução de hidróxido de sódio.....	58
<b>Figura 13</b> - Procedimentos de análise Granulométrica.....	59
<b>Figura 14</b> - Exemplo das areias separadas de acordo com a granulometria específica de cada malha.	59
<b>Figura 15</b> - Litoestratigrafia de São Brás e Macaco .....	63
<b>Figura 16</b> - Vista da porção superior do tabuleiro na área de estudo, área de alagamento sazonal conhecida como: Lagoa de São Brás.....	65
<b>Figura 17</b> - Colinas na área de São Brás e Macaco .....	66
<b>Figura 18</b> - Área de Mangue em São Brás e Macaco .....	67
<b>Figura 19</b> - Mapa de compartimentação do relevo de São Brás e Macaco .....	69
<b>Figura 20</b> - Hipsometria do bairro de São Brás e Macaco .....	70
<b>Figura 21</b> - Declividade (%), de São Brás e Macaco .....	71
<b>Figura 22</b> - Solos de São Brás e Macaco.....	74
<b>Figura 23</b> - Precipitação acumulada da estação de São Luís.....	75
<b>Figura 24</b> - Temperatura mínima da estação de São Luís.....	76
<b>Figura 25</b> - Mapa de Uso e Cobertura da Terra de São Brás e Macacos em São José de Ribamar - MA (2024) .....	78
<b>Figura 26</b> - Mapa de Uso e Cobertura da Terra de São Brás e Macacos em São José de Ribamar - MA (2024) .....	78
<b>Figura 27</b> - Área de Vegetação em São Brás e Macaco .....	79
<b>Figura 28</b> - Área agrícola em São Brás e Macaco .....	80
<b>Figura 29</b> - Reservatório Artificial .....	80
<b>Figura 30</b> - Área de solo exposto em São Brás e Macaco .....	81
<b>Figura 31</b> - Localização das Ocorrências erosivas em São Brás e Macaco.....	83
<b>Figura 32</b> - Ocorrência Erosiva do Ponto 1 .....	84
<b>Figura 33</b> - Ocorrência erosiva do Ponto 2.....	84
<b>Figura 34</b> - Ocorrência erosiva do Ponto 3.....	87
<b>Figura 35</b> - Descarte irregular de resíduos tecnogênicos no Ponto 3 .....	88
<b>Figura 36</b> - Ocorrência erosiva do Ponto 4.....	89
<b>Figura 37</b> - Detalhes da Deimoiselles no Ponto 2 .....	90
<b>Figura 38</b> - Ocorrência erosiva do Ponto 2.....	90
<b>Figura 39</b> - Alcova de regressão com presença de filetes subverticais no Ponto 4 .....	91
<b>Figura 40</b> - Movimento de massa na Ocorrência erosiva do Ponto 4.....	91
<b>Figura 41</b> - Área de solo exposto com presença de Ravina no Ponto 1 .....	92
<b>Figura 42</b> - Alcova de regressão no Ponto 3 .....	92
<b>Figura 43</b> - Sulco encontrado no Ponto 2.....	93
<b>Figura 44</b> - Triângulos texturais dos pontos analisados. ....	103

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1</b> - Unidades Litoestratigáficas do Bairro São Brás e Macaco .....	62
<b>Tabela 2</b> - Feições Geomorfológicas de São Brás e Macaco.....	64
<b>Tabela 3</b> - Unidades pedológicas de São Brás e Macaco .....	73
<b>Tabela 4</b> - Classes de Uso e Cobertura da Terra do Bairro de São Brás e Macaco (2024).....	79
<b>Tabela 5</b> - Análise dos atributos físicos do solo. ....	98
<b>Tabela 6</b> - Médias de densidade aparente do solo, densidade de partículas e porosidade total. ....	99
<b>Tabela 7</b> - Análise granulométrica dos pontos de ocorrência erosiva em SBM .....	101

## **LISTA DE SIGLAS**

BDIA – Banco de Dados de Informações Ambientais BHRJ –

Bacia Hidrográfica do Rio Jeniparana

CONFEA - Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Engenharia

CONPDEC - Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil

CREA - Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia

GEOMAP - Grupo de pesquisa Geomorfologia e Mapeamento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos INE –

Instituto Nacional de Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INMET –

Instituto Nacional de Meteorologia

SIBCS – Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos SINPDEC -

Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 EMBASAMENTO TEÓRICO CONCEITUAL.....	19
2.1 Reflexões sobre áreas periurbanas.....	21
2.2 O processo de erosão.....	30
2.3 A erosão: seus impactos e proteção civil.....	40
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	47
3.1 Levantamentos bibliográficos e cartográficos.....	47
3.2 Atividade de campo .....	50
3.3 Análise de Laboratório.....	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	60
4.1 Caracterização da área de estudo. ....	60
4.2 Ocorrências Erosivas de São Brás e Macaco .....	82
4.3 Atributos físicos dos solos: Densidade do solo, Densidade de partículas, Porosidade e Granulometria. ....	95
4.4 Infiltração do solo .....	104
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	108
REFERÊNCIAS:.....	111

## 1 INTRODUÇÃO

Os estudos referentes as ocorrências erosivas são cada vez mais necessários ao contexto ambiental, uma vez que as implicações causadas pelo desenvolvimento de tais processos acarretam transformações significativas na dinâmica do ambiente, desencadeando não só mudanças gradativas na paisagem, mas podendo se tornar um risco de ordem socioambiental.

Neste sentido, a expansão de áreas urbanas representa um risco significativo ao ambiente, com a intensificação deste processo surgem alterações em uma dinâmica natural estabelecida ao longo dos séculos. O processo de ocupação desordenada acarreta diversos problemas relacionados à intensificação de processos erosivos, a exemplo a remoção de vegetação nativa, fundamental para espécies animais e proteção do solo, que resulta na formação de ravinas, estas podendo evoluir para voçorocas, inviabilizando a habitação e atividades agrícolas no local (Guerra; Marçal, 2015). Este processo é característico de áreas sob ocupação desordenada.

Outros problemas relacionados a este processo são: a lixiviação do solo, que altera as características físico-químicas podendo causar a infertilidade e, até mesmo, a perda de biodiversidade. O descarte irregular de resíduos sólidos dentro das vertentes, ravinas e voçorocas (Andrade et al., 2023), como também a contaminação por lançamento de esgoto doméstico, uma vez que, no contexto de um processo de ocupação recente, existe a falta de estrutura básica de saneamento, contaminando assim o lençol freático (Lepsch, 2010).

A degradação dos solos que ocorre nesses espaços, aqui denominados como espaços periurbanos, ou seja, áreas de expansão das cidades que possuem características tanto urbanas quanto rurais, chama a atenção dos estudos em Geomorfologia que possuem as ferramentas necessárias para a análise ambiental destes espaços, dando ênfase aos processos erosivos (Lisboa, 2018).

Pesquisas na Ilha do Maranhão, quanto no interior do estado vem se dedicando ao entendimento do desenvolvimento de processos erosivos, ao estudo da degradação em relação a ação antrópica, como suas consequências socioambientais e ambientais para as bacias hidrográficas (Viana *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2017; Lisboa, 2018; Moraes, 2018; Sousa, 2018; Alessandro; Raposo, 2018; Campos, 2020; Andrade *et al.*, 2022.)

Andrade *et al.*(2023), chamam a atenção para os estudos de processos erosivos acelerados em função da expansão urbana intensa, como a que ocorre na bacia do rio Tibiri, uma das 34 bacias hidrográficas que compõem a grande Ilha do Maranhão (bacia próxima à bacia hidrográfica do rio Jeniparana, onde se localiza a área do estudo), destacando-se a função da análise geomorfológica como fundamental para o planejamento dessas ocupações, auxiliando também na identificação dos processos acelerados e a importância de medidas de prevenção e conservação.

Ao tratarmos de bacias hidrográficas é importante ressaltar que toda superfície terrestre se encontra, de alguma forma, sobre uma bacia urbana ou rural (consequentemente os espaços periurbanos), e dentro de seus limites se desenvolvem toda e qualquer atividade humana como também as consequências dessas atividades (Taveira, 2018).

Esta é composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem para uma única saída. O mapeamento geomorfológico realizado por Silva (2012), apresenta um panorama mais detalhado da estrutura geomorfológica da Ilha do Maranhão e de suas bacias hidrográficas, produzindo mapas fundamentais para a compreensão das formas e as suas estruturas, sendo possível o entendimento da geomorfologia da região do estudo.

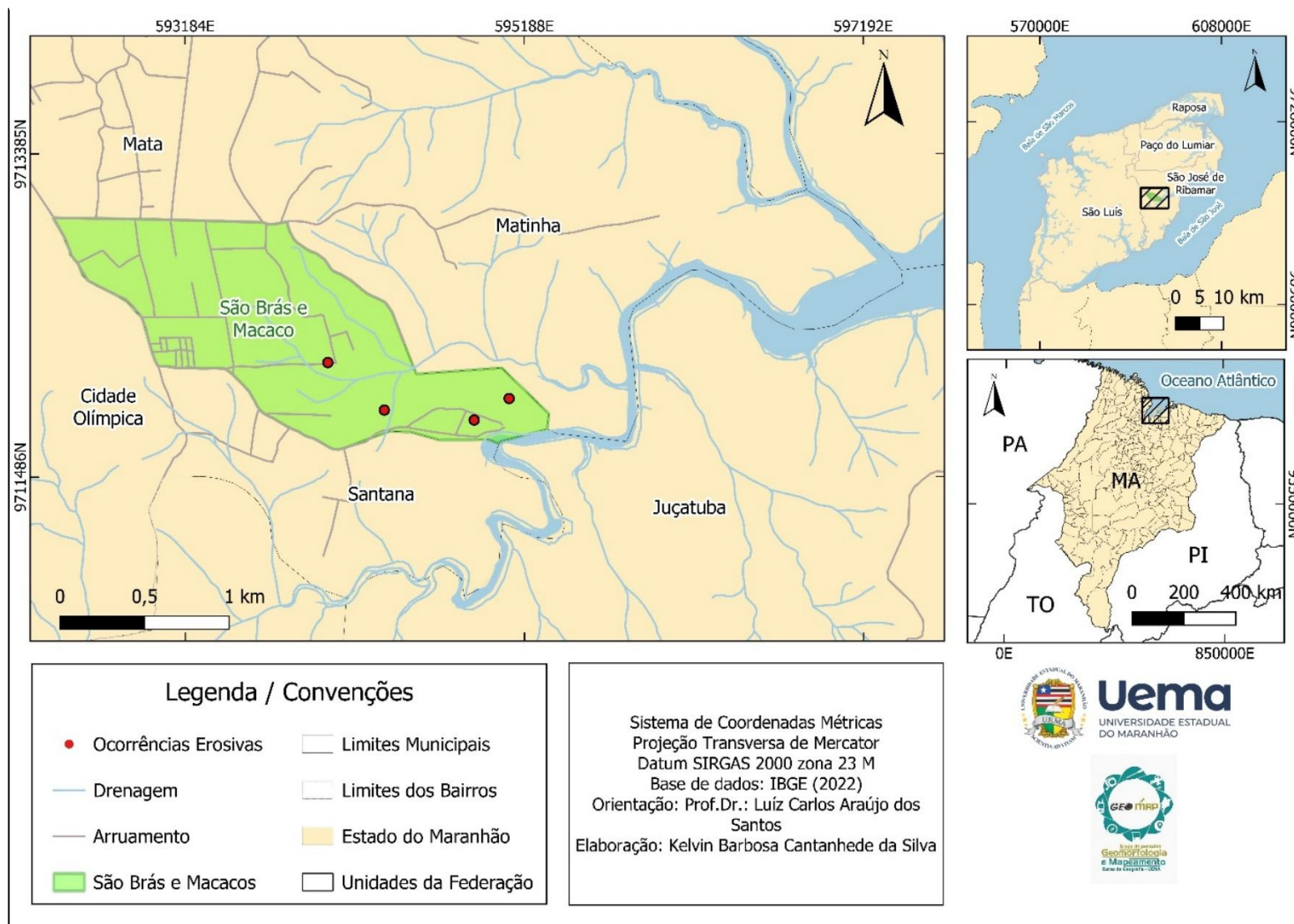
A análise do espaço periurbano torna-se relevante pois diante de suas características híbridas entre as atividades urbanas e rurais, nos direciona a um recorte mais específico, o bairro de São Brás e Macaco.

A área de análise situa-se em uma zona tropical úmida peculiar, isto representando um fator de intensificação dos processos erosivos, diante do cenário de alterações da dinâmica de uso e cobertura do solo (Panta et al.,2023). O clima também é um fator determinante, os índices pluviométricos registrados no estado do Maranhão, podem representar altas taxas de erosividade, diante das alterações climáticas globais (IMESC, 2020).

Portanto, caracterizar e investigar ocorrências erosivas, em uma porção que corresponde um pequeno fraguimento dentro de uma área que corresponde a bacia hidrográfica do rio Jeniparana (BHRJ), pode resultar em um maior entendimento dos impactos ambientais causados pela intensificação das ocorrências erosivas em função das atividades antrópicas, tornando-se uma ferramenta interessante para a compreensão dos problemas ambientais por ela enfrentados e, auxiliares intervenções em nível de gestão da mesma, na escala municipal, com intuito de monitoramento e prevenção à possíveis danos ao meio ambiente e a seus habitantes.

O processo de urbanização quando ocorre de forma não planejada causa danos e pode intensificar os processos erosivos já existentes (Andrade et al, 2023), a retirada da vegetação nativa, fundamental para a conservação do solo, somada à tais processos altera de forma significativa a morfologia e a sua dinâmica estabelecida ao longo de séculos prejudicando suas características de transporte e deposição, portanto alterações de ordem física e química (Panta et al., 2023)

**Figura 1-** Mapa de localização do bairro São Brás e Macaco



**Fonte:** IBGE(2022) Adaptado pelo autor.



Estas alterações se justificam por modificações perceptíveis na paisagem, relacionadas ao uso e cobertura do solo que impactam uma parcela do curso do Rio Jeniparana, onde uma complexa lista de atividades são exercidas, isso pode afetar a capacidade de escoamento e absorção de água, além de exposição do solo à ação pluvial direta, intensificando os processos erosivos que são determinantes para a proteção ambiental, garantia de atividades agrícolas de subsistência e segurança da população (Andrade et al, 2023; Medeiros et al, 2022).

Ao longo da área de estudo, constatou-se um número significativo de ocorrências erosivas, relativamente próximas às áreas de ocupação, evidenciando uma certa correlação dos processos com as atividades ali exercidas.

Desta forma, com base nos mais recentes estudos e análises, e o arcabouço teórico produzido pelos profissionais do departamento de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), O Laboratório de Geociências e pelo grupo de pesquisa GEOMAP, surgiram questionamentos acerca dos processos existentes na área de estudo. Optou-se, então, por caracterizar as ocorrências erosivas associadas a expansão urbana na região de São Brás e Macaco, pautado nos seguintes objetivos:

- Identificar as características Geoambientais de São Brás e Macaco, no Município de São José de Ribamar - MA;
- Localizar as ocorrências erosivas em área periurbana de São Brás e Macaco em São José de Ribamar – MA;
- Caracterizar as ocorrências erosivas na região de São Brás e Macaco;

Com base nestes questionamentos e pressupostos teóricos, esta pesquisa alinha - se com os objetivos almejados por esta instituição, respeitando todos os agentes envolvidos no processo, buscando afirmar o compromisso desta com a responsabilidade social, os direitos humanos e a preservação do meio ambiente.

Desta forma, este trabalho está estruturado em cinco capítulos sendo o primeiro capítulo, uma introdução ao tema proposto abordando a degradação do solo, os processos erosivos acelerados e a geomorfologia como importante área do conhecimento para os estudos ambientais em espaços de expansão urbana, além da localização da área de estudo.

O segundo capítulo trata-se do referencial teórico iniciando pela reflexão acerca dos espaços periurbanos, incluindo uma breve análise da área de estudo, os critérios legais utilizados pela legislação brasileira, abordando a complexidade na definição destes espaços em função da diversidade de atividades que existem em seu interior.

Prossegue, descrevendo o processo de erosão desde a sua gênese, como suas implicações ambientais e socioeconômicas, sua classificação, seguida pela análise das implicações nos espaços urbanos e rurais, constatando que, a erosão por voçorocamento é a manifestação mais evidente dos processos erosivos. Por fim, uma breve abordagem dos processos erosivos e suas implicações ambientais para a bacia hidrográfica.

Os procedimentos metodológicos são descritos no terceiro capítulo, contemplando as etapas de revisão bibliográfica, atividade de campo, coleta de amostras, mensuração de taxas de infiltração, elaboração dos mapas temáticos e análise de laboratório dos atributos físicos do solo.

O capítulo quarto trata-se da contextualização e caracterização da área de estudo incluindo a geologia, geomorfologia, solos, clima, hipsometria, declividade, uso e ocupação do solo, como também os atributos físicos, como porosidade, densidade de partículas, granulometria e taxa de infiltração. O quinto apresenta as considerações finais da pesquisa.

## 2 EMBASAMENTO TEÓRICO CONCEITUAL

Neste item será realizado uma abordagem de diversos teóricos em relação as bases conceituais de temas como Geomorfologia, Processos Erosivos, e alguns apontamentos acerca das áreas periurbanas, para assim, embasar teoricamente todas as análises, os resultados e as discussões.

A erosão deve ser compreendida como um processo resultante de uma soma de fatores que vão desde a ação do *splash*<sup>1</sup> à formação das ravinas e sua feição mais dramática, a voçoroca. O diagnóstico deve ser acompanhado de uma sistemática de identificação e metodologia de análise que leve em consideração as características locais do relevo, o perfil do solo, uso e cobertura da terra e limitações locais (Guerra; Silva; Botelho, 2007; Guerra; Marçal, 2015).

A preocupação do trabalho se deve pelo fato da existência de processos erosivos ocorrendo numa porção de uma bacia hidrográfica que passa por uma crescente urbanização nos últimos 20 anos. Além de sua população, abriga espécies de animais e um ambiente de mangue e, portanto, surge a premissa de que, os processos erosivos acelerados causam prejuízos ao meio ambiente e a sociedade, tanto no local (*onsite*), como os que ocorrem em áreas (*offsite*), portanto mais distantes (Guerra e Marçal, 2015).

Deste modo a caracterização e identificação dos processos erosivos são de fundamental importância, pois a erosão é um dos mais significativos processos de modificação da paisagem, este podendo ser acelerado pela ação antrópica (Moraes, 2018).

Portanto, alterações nas feições morfológicas atingem de forma direta e indiretamente a população, culminando em implicações a exemplo: como a produtividade do solo, danos estruturais às moradias e as atividades ali exercidas. Em relação as porções inferiores dos canais fluviais, consequências referentes ao escoamento superficial e no transporte de sedimentos para o leito de seu rio principal (Andrade et al., 2023).

---

<sup>1</sup> O *Splash* é o nome dado ao estágio inicial da erosão hídrica, será explicado mais detalhadamente no item 2.2 deste trabalho.

Tratando-se de processos erosivos, entende-se que a vegetação é de suma importância, pois protege o solo ante a erosão e atenua o transporte de sedimentos pelos canais até o rio principal (Medeiros et al., 2023). Sua remoção para acomodar o crescimento urbano, atividades agropecuárias ou extração de laterita<sup>2</sup> para o setor de construção (atividade presente na região), altera o balanço sedimentar em muitos pontos.

Estes solos podem sofrer alterações mediante as ações que ocorrem na área de estudo, e sua classificação auxiliará na compreensão de seu comportamento diante de tais processos.

O fenômeno da urbanização tornou-se mais consistente a partir do século XIX, promovendo alterações profundas nos ambientes naturais de nosso planeta, um processo a considerar, no contexto da análise do espaço periurbano, como aqui será caracterizada a área de estudo, permeada de atividades urbanas e rurais. Para uma melhor compreensão sobre a temática, serão abordados os temas referentes a áreas periurbanas, processos erosivos e suas implicações ambientais.

---

<sup>2</sup> A *laterita* é uma rocha resultante de um intenso processo de intemperismo, sua nomenclatura foi proposta pela primeira vez pelo Dr. Francis Buchanan em 1807 ao se referir a materiais extraídos no final das vertentes e utilizados em diversos tipos de construções na Índia. É uma rocha ferruginosa que surge em regiões de clima intertropical úmido, neste processo se identifica uma hidratação e oxidação dos elementos minerais, sendo o ferro liberado sob forma de hidróxido férrico, o silício e o óxido de magnésio desaparecendo quase que totalmente. Para que tal alteração ocorra, outros fatores se interligam como: topografia plana e cobertura vegetal (Guerra, 1993)

## 2.1 Reflexões sobre áreas periurbanas

Comumente fazemos distinção sobre o que é urbano e o que é o rural, imprimindo a nossa percepção acerca de suas distintas paisagens enraizadas em nossa subjetividade com diferenças bem estabelecidas, isto a princípio não nos causa estranhamento. Porém o espaço de interconexão entre as áreas urbanas e rurais é muito mais complexo, chegando a ser indistinto em vários momentos, isto, por conta das inúmeras atividades e transformações que ele incorpora.

Em uma tendência sutil, associamos o urbano as atividades ligadas ao tráfego intenso de automóveis, sons de buzinas, o agito, o movimento de pessoas e atividades comerciais. Já o campo, associamos às paisagens bucólicas, atividades agrícolas e a um tempo aparentemente estático.

Porém, é preciso compreender que existe uma íntima relação, complexa e de complementariedade, entre o urbano e o rural, onde o primeiro fornece tecnologias para o segundo, que retribui para o urbano com o fornecimento de diversos recursos e produtos primários (Gomes; Pinto, 2021).

Cabe salientarmos, que a lógica capitalista que transcorreu ao longo do século XX e, nos séculos anteriores redimensionaram a estrutura da relação campo-cidade, imprimindo no espaço suas lógicas de produção e, de relativa proximidade aos centros econômicos urbanos (Santos, 2007.), isto não se limitando os espaços urbanos, mais também as suas intersecções com os espaços rurais.

Segundo Milton Santos (1993), a urbanização brasileira apresenta uma lógica orientada para duas realidades na configuração do espaço, isto, graças a evolução contemporânea da economia e da crescente expansão do capitalismo no campo, podendo atribuir a estes espaços, inferindo-lhes isto, sob o aspecto da lógica da região as nomenclaturas de regiões agrícolas e regiões urbanas em conformidade a uma adaptação de cidades preexistentes em áreas de povoamento antigo, se adequando as necessidades e demandas do consumo familiar e do consumo da produção agroindustrial.

Este aspecto lhe atribuí uma diversidade de manifestações, como identifica Sobarzo (2006), a existência de uma incorporação de hábitos urbanos pelo rural, isto alinhado ao fenômeno da globalização, que intensifica o fluxo de informações e mercadorias, modificando as formas de relação entre ambos.

As autoras, Gomes e Pinto (2021) afirmam, que mesmo o urbano se enquadrando em uma lógica capitalista, como pensamos de forma frequente em relação ao termo, ainda é possível que se encontre áreas onde os processos ocorram de forma mais amena, com conservação de vegetação natural e de aspectos considerados do cotidiano da vida rural, como ocorre na área de análise.

Podemos compreender o espaço periurbano a partir de sua dinâmica plural e distinta dos outros espaços, assim como a teia de relações que lhe dão esta complexidade (Sobarzo, 2006). Segundo esta lógica, Souza (2005), afirma: “Quanto maior a cidade, em geral, mais complexo tende a ser o espaço periurbano. Nele se encontram misturadas duas ‘lógicas’ por assim dizer, de uso da terra: a rural e a urbana”. (Souza, 2005, p, 27).

Acerca destas duas lógicas, observadas pelos autores aqui mencionados, podemos compreender que este espaço possui sua valorização, tanto como um espaço produtivo e propício para as atividades agrárias, quanto em sua função de suporte para atividades industriais e/ou habitacionais, havendo também o sentido “refúgio” temporário da agitação urbana para essas populações, um “gueto de lazer” (Lefebvre, 1969).

Em acréscimo a este pensamento, surge a premissa que, a compreensão da complexidade que tal espaço apresenta pode surgir a partir da análise da interação existente entre dois grandes municípios da ilha: São Luís (capital do estado), e São José de Ribamar, que impactam de forma significativa a dinâmica multifacetada do espaço periurbano que pode caracterizar nossa área de análise, porém, tal enfoque se distancia dos objetivos primários desta pesquisa, mais não está descartada sua análise em um trabalho posterior.

A busca por uma delimitação, ou até mesmo a caracterização destes espaços possui um histórico de amplas discussões dentro do escopo técnico, acadêmico e da literatura especializada, não se encerrando na atualidade.

O termo Periurbano surgiu atrelado às tentativas de conceituar as formas de crescimento urbano, de modo a romper com as antigas dicotomias, sendo utilizado pela primeira vez por Racine (1967), quando nomeava as periferias desarticuladas nos

Estados Unidos, que se desenvolviam de forma caótica e desordenada (Valenzuela Rubio, 1986 apud Musante, 2024).

Na literatura francesa o termo foi retomado e difundido, em estudos relacionados a uma economia do pós-guerra e do surgimento de uma classe média com grande capacidade de consumo que se direcionava para áreas rurais limítrofes dos grandes centros urbanos, e que ali viam certa qualidade de vida, mais distanciadas e privilegiadas em relação a população dos centros.

Este fenômeno ocorreu no contexto das décadas de 1960 e 1970, mediante ao rápido desenvolvimento econômico e um fenômeno sociocultural, como também o financiamento estatal e os agentes imobiliários do contexto que vigorava na França (Langumier, 1982; Jailliet; Jalabert, 1982; Bidou, 1982)

Valenzuela Rubio (1986), sintetiza os principais eixos problemáticos relacionados aos debates que ocorrem no século XX, relacionados as forças que determinam esses espaços como: a sobrevivência agrária e a renda da terra e, o avanço urbano em busca de maior rentabilidade, muita das vezes à custa da intensificação e precarização do trabalho.

Além disto, este autor discute o uso da terra induzido pelas transferências urbanas e os conflitos decorrentes. Esta expansão ocorre de forma fragmentada, mesclando-se como rural persistente, sem avançar como uma fronteira urbana consolidada, que mantém a tensão entre elementos rurais e urbanos, destacando a dimensão conflitiva na disputa pelo uso do solo (Musante, 2024).

Deste modo, a complexidade existente em conceituar estes espaços está na diversidade nos critérios e terminologias utilizadas por diversos autores e países, que utilizam como base para tal classificação, seus próprios contextos socioeconômicos e culturais, o que resulta em uma falta de consenso, isto não sendo visto como algo negativo, permitindo uma ampliação no debate sobre este tema (Gomes, Pinto, 2021).

O Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia - IBGE em uma publicação no ano de 2017, destaca a definição do perímetro urbano baseado em critérios políticos administrativos, ou seja, por decisão legislativa municipal, visando facilitar o direcionamento de políticas públicas e a arrecadação tributária dentro destes espaços, estendendo a análise a um comparativo com outros países.(Quadro 1)

**Quadro 1** - Critérios predominantes utilizados na definição de áreas rurais e urbanas em países e organizações selecionadas.

País/Organização	Critérios predominantes utilizados na definição de áreas rurais e urbanas					
	Tamanho da população	Densidade demográfica	Oferta de serviços	Participação da Agricultura	Divisão administrativa	Aglomeração de Habitações
Argentina	X					
Austrália		X	X			X
Bolívia	X					
Brasil					X	
Chile	X			X		
Colômbia					X	
Costa Rica					X	
Cuba	X		X			
República Dominicana					X	
Equador					X	
El Salvador					X	
Estados Unidos	X					
França	X					
Guatemala					X	
Haiti					X	
Honduras	X		X			
Inglaterra						X
México	X					
Nicarágua	X		X			
País de Gales						X
Panamá	X		X			
Paraguai					X	
Peru						X
Uruguai			X		X	
Venezuela	X					
OCDE		X				
União Europeia		X				

**Fonte:** IBGE, 2017. Adaptado pelo autor (2024)



Conforme observado, quando comparado a outros países o Brasil acompanha a maioria, utilizando critério de divisão administrativa. Esta prática é resultado de decisões políticas ao longo de seu histórico legislativo, sendo o Decreto-lei n.311, 02.03.1938, um significativo marco na diferenciação rural e urbana em nosso país, que somente foi promulgado graças a articulação e pressão de órgãos competentes como o Instituto Nacional de Estatística – INE, diante da extrema necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o território nacional e facilitar a obtenção de dados censitários (IBGE,2017).

Há críticas em relação a leis posteriores, que ainda insistem na manutenção de critérios tidos como defasados, uma vez que não consideram a complexidade atual deste processo socioespacial, entre os espaços urbanos e rurais em nosso país, isto sob uma ótica, que aponta para uma tendência: que a população rural é simplesmente aquela que não habita áreas urbanas; outra questão é deixar tais definições a critério do poder legislativo dos municípios (Caiado; Santos, 2003).

Diante do exposto, é preciso citar a visão dicotômica que surgiu a partir do século XIX, mantinha uma distinta visão entre a relação campo-rural, como a anti-urbana que via a vida rural como algo idealizado, até mesmo utópico, lamentando o seu desaparecimento. E outra ótica pro-urbana que via o processo de urbanização como algo inerente ao progresso da humanidade (Davoud; Stead, 2002).

Todavia, estas formas de análise da relação urbano-rural não perduraram, uma vez que, os críticos a essas vertentes, encontravam lacunas dentro de suas lógicas, pois podia-se encontrar em grandes cidades porções muito similares as configurações rurais, e áreas rurais com elementos urbanos.

Em contrapartida, a visão dicotômica em meados dos anos de 1930, surgiu com a ideia de *continuum* rural-urbano<sup>3</sup>, se intensificando nos anos 1960, que exprimia a concepção de que não havia uma abrupta divisão entre o rural e o urbano,

---

<sup>3</sup> Um conceito que postula que não há uma divisão aguda entre a vida urbana e rural, mas que os assentamentos existem ao longo de um contínuo de muito rural para altamente urbano. O urbano não para simplesmente e começa o rural, mas eles vazam através um do outro. Além disso, é possível encontrar espaços em uma cidade que parecem rurais, e lugares em áreas rurais que são bastante urbanos. Como tal é problemático falar de lugares como simplesmente rurais ou urbanos, em vez disso é preciso considerar como eles se entrelaçam e se sobrepõem” (CASTREE; KITCHIN; ROGERS, 2013, p. 444, tradução IBGE, 2017)

semelhantemente a uma penumbra<sup>4</sup>, de modo que, o urbano não termina, onde inicia o rural. (Rosa; Ferreira, 2010).

Esta nova concepção da relação urbano-rural alinha-se com as transformações socioeconômicas ocorridas neste período, que colocaram diante das ciências sociais um novo desafio metodológico, mediante a crise das ideias do século XIX, como também as crises enfrentadas pelo mercado financeiro mundial e do mundo pós-guerra que despertaram a Geografia como um todo para novas necessidades na planificação regional e urbana (Ferreira; Simões, 1994).

Entretanto, há um esforço contínuo para uma definição que se aproxime da realidade complexa que tal espaço apresenta, (Vale, 2005; Caldeira, 2017; Suazo Pereda; Cárdenas Piñero, 2021; Musante, 2024), isto sendo visto como uma oportunidade para trabalhos e reflexões futuras acerca da população que habita estes espaços e suas atividades e, como estas modificam a dinâmica do rural e do urbano na atualidade, além dos questionamentos quanto a melhor metodologia para analisar a realidade latino-americana e a realidade brasileira.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), busca novas abordagens para a compreensão do espaço rural e urbano na escala municipal, buscando conciliar metodologias utilizadas em outros países, produzindo mapas e demonstrando a complexidade que tal fenômeno possui, aplicando esta aproximação a realidade brasileira.

Todavia, é preciso lembrar que a maioria dos municípios brasileiros seguem critérios próprios para definir seus limites urbanos e rurais, através da Lei de Perímetro Urbano (Caiado; Santos, 2003). Esta lei é baseada no artigo 30 da Constituição Brasileira de 1988:

**Art. 30.** Compete aos Municípios:

**I** - legislar sobre assuntos de interesse local;

**II** - suplementar a legislação federal e a estadual no que couber;

**III** - instituir e arrecadar os tributos de sua competência, bem como aplicar suas rendas, sem prejuízo da obrigatoriedade de prestar contas e publicar balancetes nos prazos fixados em lei;

**IV** - criar, organizar e suprimir distritos, observada a legislação estadual;

**V** - organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;

~~**VI** - manter, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, programas de educação pré-escolar e de ensino fundamental;~~

---

<sup>4</sup> Refere-se ao ponto de transição entre a luz e a escuridão

(Revogado)

**VI** - manter, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, programas de educação infantil e de ensino fundamental; (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 53, de 2006)

**VII** - prestar, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, serviços de atendimento à saúde da população;

**VIII** - promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano;

**IX** - promover a proteção do patrimônio histórico-cultural local, observada a legislação e a ação fiscalizadora federal e estadual. (Brasil, 1988).

Em destaque, o oitavo inciso desta lei, que afirma o que é substancial nesta perspectiva, portanto cabendo aos municípios brasileiros dada responsabilidade, isto claro, mediante a aplicação de um plano diretor, se acaso exista algum.

É importante destacarmos que mesmo com a evolução política ocorrida em 1988, pouco se avançou em relação ao ano de 1938 quando pensamos em gestão urbana brasileira, e o Estatuto da Cidade, Lei 5.788, de 2001, tem pouca efetividade, pois segundo Carvalho (2000, p. 54), citado por Vale (2005), tal estatuto veio a ser um complemento ao artigo 182 da constituição.

Este mesmo autor segue sua análise atentando-se ao fato que a boa implementação de instrumentos de gestão urbana depende da boa vontade dos estados e municípios, e que tal gestão não deveria ser apenas de competência municipal, pois cidades formam regiões interestaduais e estas por sua vez, compõem as regiões federais e, os problemas ambientais podem causar impactos em escala nacional (op. cit.)

Porventura, onde está inserida nossa área de análise, integra parte do território municipal de São José de Ribamar que, de acordo com o censo demográfico realizado pelo IBGE no ano de 2022, possuía cerca de 244,579 habitantes, distribuídos ao longo de uma área de 180,363 km<sup>2</sup> dos quais destes, 54,12 km<sup>2</sup> são urbanizados, limitando se ao norte, com o município de Raposa, a noroeste com o município de Paço do Lumiar e ao oeste com o município de São Luís (IBGE, 2022).

Segundo o Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, o município de São José de Ribamar passa por uma crescente urbanização nas últimas décadas, diminuindo o seu espaço rural, destacando-se poucas comunidades rurais como: Santa Maria, Boa Vista, Bom Jardim, São Paulo, Guarapiranga, Santana, São Lourenço, além de áreas de produção agrícola significativas assim como de Itapary, Panaquatira, Mata, Matinha, **São Brás e Macaco**, Bom Jardim I e II e Santa Maria (IMESC, 2022)

Essas comunidades se diversificam em atividades referentes ao uso da terra, dedicando-se tanto as relacionadas a agricultura de subsistência, quanto a pecuária de pequeno porte, conforme o quadro 2:

**Quadro 2** - Utilização das terras, número de residências e áreas das propriedades no espaço rural de São José de Ribamar.

Tipo de utilização	Número de unidades	Área de ocupação em hectares
Lavouras permanentes	274	141
Lavouras temporárias	603	337
Lavouras para cultivo de flores	14	9
Pastagens naturais	57	46
Pastagens plantadas em boas condições	20	37
Pastagens plantadas em más condições	1	-
Matas ou florestas destinadas a preservação ou em reserva legal	43	123
Matas e florestas naturais	32	115
Florestas plantadas	1	-
Sistemas agroflorestais	7	-
Lâmina d'água, tanques, lagos, açudes, área de águas públicas para aquicultura, de construções, benfeitorias ou caminhos, terras degradadas ou inaproveitadas.	<b>928</b>	374
Total	-	1.182

**Fonte:** IBGE, 2017. Adaptado pelo IMESC, 2022.

Conforme exposto, relacionando a diversidade de atividades que ocorrem neste espaço, até então definido como o espaço rural do município de São José de Ribamar, se justifica pela dinâmica da produção agropecuária brasileira, conforme (Xavier, 2019; Teixeira; Lages, 1997; Santos, 1996; Gamper; Santos; Cherem, 2022), segue influenciada pela crescente exploração e expansão do agronegócio em direção ao bioma amazônico e o do cerrado, gerando uma tendência crescente e preocupante em relação a degradação destes ecossistemas, tendo em vista a utilização das melhores terras agricultáveis

para uma produção de exportação, consequentemente elevando os custos de produção e o preço para os consumidores internos.

Concomitantemente, aumenta-se a busca por melhores alternativas para suprir a demanda por alimentos de qualidade e de baixo custo para a população dos entornos das sedes urbanas, em sua maioria de baixa renda, sendo as atividades agrícolas as principais, incluindo a criação de animais de pequeno porte como: equinos, suínos, caprinos, bovinos e a comercialização de seus derivados (Vale, 2005 apud Gamper; Santos; Cherem, 2022.), este sendo o caso de nossa área de estudo.

Outra questão é a lógica da urbanização brasileira que não corresponde somente a um fenômeno de crescimento das cidades, mas segue como um processo complexo de transformações sociais, econômicas e espaciais (Santos, 1993). E seguindo esta mesma lógica, se deu a configuração urbana da Ilha do Maranhão, intensificada a partir da década de 60, com os grandes programas do Governo Federal, impulsionando o crescimento urbano, dentre os quais, a política habitacional do Banco Nacional de Habitação – BNH, que durante 22 anos redefiniu os limites urbanos da maioria das cidades brasileiras (Burnett, 2007).

A partir do ano de 1971, a capital São Luís passava por um novo período em sua história urbanística, com a finalização da construção do Porto do Itaqui, fazendo parte do grande plano político de infraestrutura e logística para o chamado Corredor Norte (Ferrovia Carajás), facilitando o escoamento de minério para o Terminal Portuário da Ponta da Madeira, e posteriormente, o surgimento de outros ramos industriais relacionados ao agronegócio, e deste modo, o fortalecimento industrial, que ocorre na atualidade, mais em um ritmo menos acelerado (Diniz, 2022).

De acordo com Lopes (2008, p.38):

De 1971 a 1999, foram construídos 55 conjuntos habitacionais, entre os quais o Angelim, Vinhais, Maiobão, Cidade Operária, São Raimundo, Jardim América I e II, e os conjuntos Ipase, Cohama, Cohajap, Cohatrac, Cohapan e Cohab Anil I, II, III e IV, configurando uma mancha urbana descontínua.

Este processo permitiu o surgimento dos grandes conjuntos habitacionais que impulsionaram a ocupação das áreas limítrofes nas quais, podemos citar á exemplo, o bairro Cidade Olímpica que surgiu posteriormente como um eixo de ocupação atrelado ao conjunto habitacional da Cidade Operária, bairro pertencente ao município de São Luís.

O Bairro da Cidade Olímpica localizado na porção leste da Ilha do Maranhão, compartilha o seu histórico de ocupação junto aos bairros de Santana e São Brás e Macaco, pertencentes ao município de São José de Ribamar, estes por sua vez, surgiram a partir da ocupação impulsionada pelos movimentos de luta pelo direito à moradia ocorridos entre os anos de 1996 e 1997, que garantiram a posse de uma área anteriormente pertencente a empresa Sociedade Butano Ltda, do Grupo Edson Queiroz, sendo efetivada pelo Governo do Estado do Maranhão em 1998 (Silva; Castro, 2021).

Deste modo podemos caracterizar este espaço, não somente como áreas agrícolas, mais como empreendimentos habitacionais das populações excluídas das porções mais centrais da ilha, que na atualidade seguem apropriando-se das áreas limítrofes, em função do incremento populacional e econômico que consequentemente exercem pressões antrópicas no ambiente deste entorno.

Então podemos dizer que, há uma interpenetração entre o urbano e o rural neste espaço, que pode ser constatado pelo quadro de utilização das terras, realizado pelo IMESC (quadro 2), onde notamos um número considerável referente a Lâmina d'água, tanques, lagos, açudes, área de águas públicas para aquicultura, de construções, benfeitorias ou caminhos, terras degradadas ou inproveitadas, cerca de 928 unidades, que reforça a dinâmica do cotidiano local e na paisagem, no embate constante do urbano perante a persistência do rural, se tomarmos esta interpretação.

Justamente nestes espaços conflituosos e de recente ocupação, seja por sua lógica habitacional e/ou como lugar de luta pelo direito a uma habitação digna, diverso em atividades econômicas, e que vão se desenvolver alterações significativas na paisagem e em toda a uma dinâmica ambiental, e como consequência dessas alterações, podem surgir as feições erosivas, o tema da análise.

## 2.2 O processo de erosão

A erosão, segundo Fendritch *et al.* (1997), é o processo de desagregação, transporte e deposição dos materiais dos horizontes superficiais e mais profundos dos solos, subsolos e rochas, através dos agentes erosivos: água, ventos e geleiras, iniciando o seu trabalho na parte superficial, provocando seu rebaixamento até atingir a camada de rocha ou solo consolidado.

O processo de erosão também pode se entendido como um fenômeno natural responsável pelas mudanças mais significativas nas feições do relevo a curto e a longo prazo (Guerra; Silva; Botelho, 2007).

Diversos são os critérios para a classificação dos processos erosivos, alguns deles consideram a natureza do fenômeno, o tipo do agente erosivo e sua intensidade. A classificação relacionada a natureza do processo é a mais utilizada na literatura especializada, classificando a erosão em: **geológica**, aquela oriunda de processos naturais, e a **acelerada**, sendo resultante das ações antrópicas. (Fendrich *et al*, 1997; Rocha, 2012).

Quanto à classificação em relação aos agentes erosivos podemos destacar três grupos: a erosão hídrica, a erosão eólica e a erosão glacial. No Brasil, a forma mais comum é a erosão hídrica, se processando em duas fases distintas: desagregação e transporte. A desagregação se configura no impacto direto das gotas de chuva no solo, como pelo escoamento da água em sua superfície, que possui grande energia de movimento e portanto, de transporte de partículas (Lepsch, 2010 p. 191).

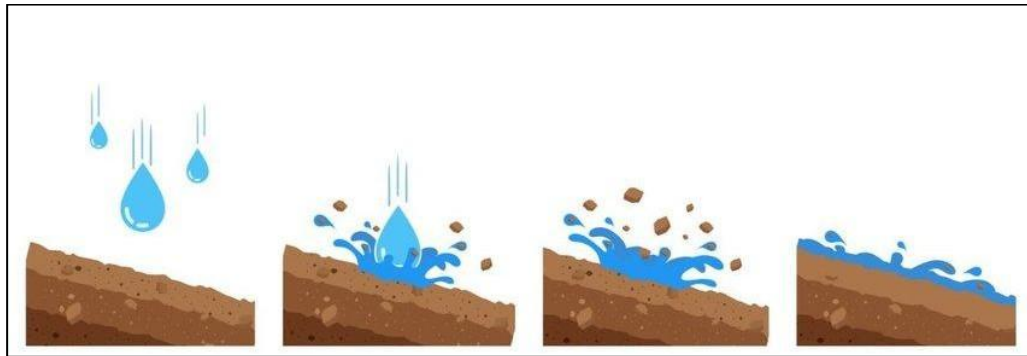
A erosão é um processo complexo que deve ser compreendido em cada uma de suas fases, considerando-se a interdependência de fatores referentes a parâmetros físicos do solo (Ezekwe; Totti; Wekpe, 2014), como também alterações que decorrem de mudanças no uso e cobertura do solo, e/ou processos que envolvem as características climáticas (Jayasuriya et al., 2024).

O ponto inicial de um processo erosivo é o impacto das gotas de chuva, que acarreta a movimentação das partículas presentes no solo, tanto pela ruptura de agregados quanto pelo transporte dessas partículas, que podem inclusive, reduzir seu tamanho a tal forma que passam a preencher os poros presentes, selando-o e favorecendo o escoamento superficial (Guerra; Silva; Botelho, 2007). Cabe ressaltar que o *splash* (Figura 2), é influenciado não somente pela resistência que determinado tipo de solo pode apresentar, mas também pela energia com que as gotas de chuva impactam este solo, denominada de energia cinética<sup>5</sup>. (Guerra; Silva; Botelho, 2007).

---

<sup>5</sup> A energia cinética é a energia associada ao movimento dos corpos; a unidade da energia cinética no sistema internacional é o Joule (J), homenageando o cientista inglês James Prescott Joule (1818 – 1889); para calcular a energia cinética de um corpo é utilizada a seguinte fórmula:  $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ , em que: ( $E_c$ ) é a energia cinética; ( $m$ ) é a massa de um corpo em kg; ( $v$ ) é a velocidade do corpo em metros por segundos. Dependendo da energia cinética das gotas da chuva, incidentes sobre o solo pode, ou não ocorrer a ruptura dos agregados (Torres; Marques Neto; Menezes, 2012 p. 83), outra curiosidade é que, os pesquisadores Laws e Parsons em 1943, em seus estudos sobre mensuração da dimensão das gotas de chuva, utilizavam pratos com farinha para registrar o tamanho das gotas de chuva e assim determinar sua massa. Esses estudos foram fundamentais para formular as bases destes conceitos.

**Figura 2** - Ação do Splash no início do processo erosivo

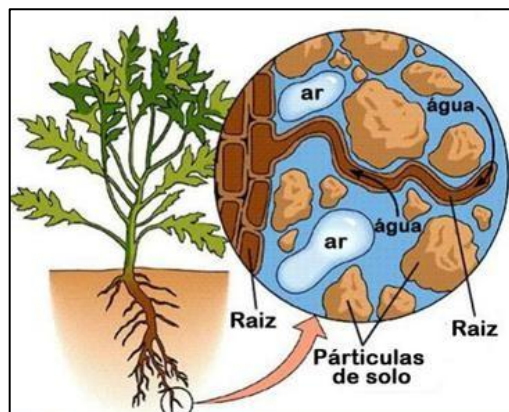


**Fonte:** Brizzi; Souza; Costa (2018, p.306)

Segundo Lepsch (2010), a energia cinética, em termos da física, trata-se da energia proporcional a massa de um objeto e a sua velocidade de movimento ao quadrado. Ele destaca que a velocidade das gotas de chuva ao atingirem o solo chegam à média de 5 a 15 km/h, enquanto a velocidade de escoamento da enxurrada usualmente não chega a 1 km/h, portanto a energia das gotas da chuva é superior. Isto sendo significativo quanto a presença ou ausência de cobertura vegetal.

A energia cinética é utilizada como o principal parâmetro utilizado por pesquisadores para determinar a capacidade erosiva da chuva, determinante para ruptura dos agregados e fundamental para desencadear a selagem do solo, pois esta ação diminui o tamanho das partículas, que por sua vez, preenchem os pequenos espaços presentes entre as partículas no solo, os poros configuram a densidade do solo, como observado na representação (figura 3).

**Figura 3** - Os espaços existentes entre as partículas do solo (poros), preenchidos por água e ar.



**Fonte:** AgroPós (2024)



A medida em que estes espaços são preenchidos, ocorre a formação de crostas, que selam o solo, favorecendo a formação de poças na superfície, que passam a se interligar, resultando no escoamento superficial no topo do solo, chamado de *runoff*. Este processo vai depender das propriedades do solo, característica da chuva na qual esse solo está exposto, seu uso e cobertura (Guerra, Marçal, 2015 p. 79).

De maneira mais específica, segundo Brizzi; Souza; Costa (2018):

Ressalta-se que o selamento da parte superficial do solo não necessariamente está ligado a saturação do solo como um todo. Esse processo está intimamente ligado a uma dinâmica física que influencia diretamente na percolação da água no solo, como, por exemplo, o nível de compactação ao qual o solo foi submetido, assim como o arranjo das partículas, a mudança abrupta da textura em perfil e o índice de micro e macroporosidade do solo (Brizzi; Souza; Costa, 2018).

Portanto, o selamento do solo ocorre de diferentes maneiras e depende de vários fatores relacionados a suas propriedades físicas e químicas que configuram seu atual estado, como também as atividades que ali são exercidas. Prosseguindo a nossa análise sobre o processo de erosão, direcionaremos nossa atenção para o próximo elemento fundamental no processo erosivo hídrico: a infiltração.

A infiltração, segundo Guerra (1993), é a capacidade de penetração das águas da chuva no solo, este termo está ligado a permeabilidade que é propriedade das rochas e dos terrenos se deixarem atravessar pela água. Os terrenos arenosos são mais permeáveis que terrenos argilosos. Sendo os terrenos argilosos constituídos de elementos impermeáveis e a infiltração da água no solo torna-se mais difícil.

A infiltração é um componente importante no processo de erosão, pois conforme os espaços entre as partículas do solo são preenchidos, o solo torna-se saturado e a partir de um determinado momento, não consegue reter água (Morgam, 1986 apud Guerra; Silva; Botelho, 2007).

Este fator apresenta diferentes comportamentos em relação a cada propriedade apresentada pelo solo submetido à ação hídrica pluvial. Além do que se diz a respeito da sua densidade, temos a existência de microdepressões no topo do solo e a umidade antecedente que podem tornar mais rápida a saturação.

À medida que água que se acumula nas microdepressões do terreno, começa a formação de poças, devido a saturação do solo. Essas poças, quando não conseguem mais conter a água, permitem que ela flua sobre a superfície da encosta, iniciando um fluxo que, a princípio é difuso um escoamento em lençol (*sheetflow*), provocando a erosão laminar. (Guerra, Botelho, Silva, 2007).

Em relação a erosão laminar, segundo Souza e Muller (2010):

[...] consiste no processo de remoção de uma camada delgada e uniforme de solo superficial, ocasionada pelo fluxo hídrico não concentrado, no qual o solo não apresenta incisões significativas, bem como canais perceptíveis (Souza; Muller, 2010. p. 43).

Portanto, a erosão laminar apresenta um fluxo com pouca força de transporte de partículas, porém, à medida que este fluxo se intensifica, aproveitando a declividade e ação gravitacional, aumenta sua velocidade, acrescentando sua capacidade de transporte de partículas, desta forma, o fluxo torna-se mais concentrado em pequenos canais na encosta, formando as chamadas microravinas (*Micro-rills*) (Guerra, Silva, Botelho, 2007, p. 32).

Neste momento, a água escoar em canais mais definidos, o fluxo torna-se mais turbulento no interior destes canais que possuem pequenas ondulações advindas do estágio anterior. Deste modo, as irregularidades se ampliam concentrando o fluxo turbulento dentro destes pequenos canais, intensificando a erosão e assim formando pequenas cabeceiras (*Headcuts*), que dão origem a novas ravinas.

Segundo Fendrich *et al* (1997), a ravina é uma forma mais evoluída da erosão laminar, sendo de mais fácil identificação e controle por parte de práticas agrícolas simples. Configura-se em uma forma de erosão negligenciada, por não representar um risco imediato para as atividades agrícolas.

As ravinas ou sulcos, são feições erosivas lineares de pouca profundidade, padrões alongados que surgem no solo em relação aos fluxos hídricos conforme as rugosidades existentes no terreno, essas feições são comumente encontradas em áreas com ausência de cobertura vegetal, pastagens, áreas agrícolas e estradas (Thomaz, 2009; Cunha; Thomaz; Vestena, 2013; Rodrigues, 2014).

Guerra (2007), destaca a importância dos estudos acerca dos processos que envolvem a formação e evolução das ravinas para que assim se possa compreender como e por onde as ravinas surgem e, se conectam a outros processos erosivos. Isto também vem a servir ao entendimento dos processos em que se desenvolvem as voçorocas.

Segundo Lepsch (2010), os sulcos resultam da concentração da enxurrada em determinados locais, podendo ou não serem desfeitos pelas atividades agrícolas e, quando não controlados evoluem para as voçorocas, sendo esta feição erosiva a sua forma mais espetacular.

A voçoroca é uma feição erosiva caracterizada por sua grande força destrutiva e o seu difícil controle. Seu nome é de origem indígena, mais precisamente da língua Tupi-guarani, onde: yby = Terra + Sorok = “romper-se, rasgar-se” + a, sufixo substantivador, resultando em Ybysoroka, ou seja, “Terra rasgada”. (Oliveira; Meis, 1985; *Apud* Lisboa, 2018).

A voçoroca também é conhecida como boçoroca no estado de São Paulo, sendo sua forma escrita “vossoroca” adotada por alguns pesquisadores, um detalhe, os países de língua inglesa traduzem este mesmo fenômeno como *gully erosion*, e os franceses a chamam de *ravine* (Vieira, 2008).

Pereira e Rodrigues (2020), descrevem que há uma inquietude científica nacional e internacional em relação a terminologia para a identificação correta de tal feição erosiva, dado a complexidade que possuem os processos erosivos pluviais e a sua identificação na paisagem, existindo uma confluência entre o termo ravina e voçoroca. Além disso, destacam que a comunidade científica brasileira segue uma tendência em relação a classificação e definição deste fenômeno de acordo com os critérios estadunidenses e britânicos, isto podendo ser confirmado pela análise de diversas publicações nos últimos 30 anos.

Diversos são os critérios utilizados para a classificação das voçorocas e a sua diferenciação perante outras feições erosivas, estes critérios levam em consideração aspectos morfológicos e morfogenéticos. Em síntese, é compreendido que as ravinas e voçorocas tem origem em processos, em parte diferentes e possuem aspectos esculturais singulares (Pereira; Rodrigues, 2020).

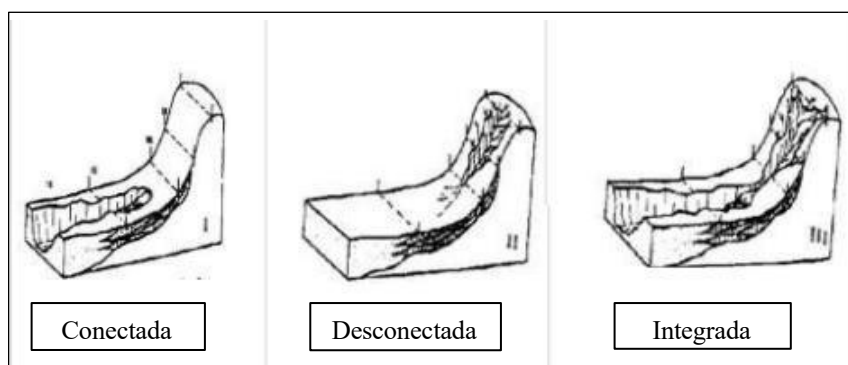
Os tipos de voçorocas podem ser classificados de acordo com Fendrich (1997), devido ao formato da seção transversal, que podem possuir o formato de V ou U, dependendo das diferentes condições climáticas, pedológicas e dos diferentes processos atuantes.

O formato em “V” está relacionado com solos de menor erodibilidade no qual, há o predomínio de escoamento superficial concentrado, característico de voçorocas em estágio inicial. Em oposição está o formato em “U” relacionado com solos mais

erodíveis, com paredes verticais esculpidas pelo fluxo da superfície, e pelo solapamento<sup>6</sup> da base pela água subterrânea (*op. cit.*)

As voçorocas podem também ser agrupadas segundo três tipologias: as conectadas a rede de drenagem, as desconectadas a rede de drenagem e as integradas a rede de drenagem (Oliveira, 2015; Vieira, 2008), conforme a figura 4.

**Figura 4** - As tipologias das voçorocas quanto a rede de drenagem.



**Fonte:** Oliveira, 2015

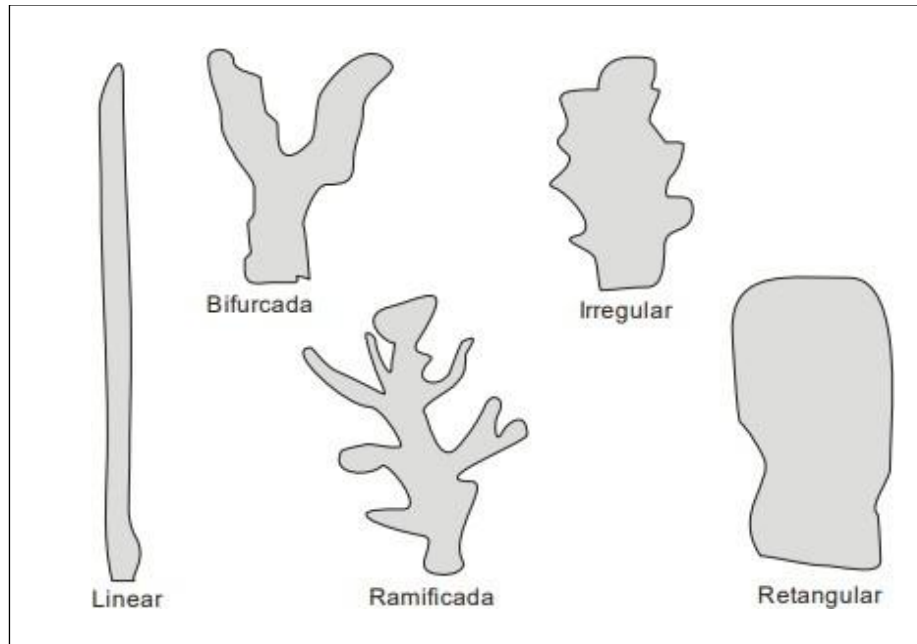
Guerra (2008), destaca que, mesmo existindo conceitos universais, ainda é necessário considerar as especificidades geomorfológicas de cada ambiente, pois estes são determinantes para as feições apresentadas na estrutura das paisagens.

Seguindo esta premissa, Vieira (2008), apresenta uma classificação segundo os critérios morfológicos, estes podendo ser resultantes de processos específicos e condições ambientais específicas de seu local de ocorrência (Figura 5), isto segundo a geologia (litologia e estrutura), o relevo (forma e declividade), o solo, a cobertura vegetal e sistema de drenagem superficial e subsuperficial.

As classificações aqui descritas, foram fundamentais para a identificação e classificação das feições erosivas, tanto de forma remota através da análise das imagens orbitais e nas interpretações no campo, e a natureza de sua origem, auxiliando no entendimento quanto as possíveis consequências e riscos para o entorno (Vieira, 2008).

<sup>6</sup> O Solapamento é a remoção ou deslocamento de camadas do solo por processos naturais ou ação antrópica. Neste caso, a ação hídrica desgasta a superfície das vertentes, causando o desmoronamento das encostas (Fendrich, 1997)

**Figura 5** - Classificação das Voçorocas de acordo com suas formas



Fonte: Vieira, 2008.

No interior das voçorocas e das ravinas também é possível encontrar feições erosivas que podem ajudar na identificação dos mecanismos responsáveis por sua gênese e desenvolvimento (Oliveira, 1989; Oliveira, 1999), estas são consideradas subfeições erosivas.

Essas subfeições, segundo Oliveira(1999) citado por Lisboa (2018), podem ser:

- a) **Demoiselles**, também chamadas de erosão em pedestal, sendo uma erosão de desenvolvimento lento, que ocorre quando o solo erodível é protegido da ação do salpicamento, podendo-se deduzir aproximadamente a quantidade de solo erodido, tomando por base a altura dos pedestais(Oliveira, 1999).
- b) **Sulcos e Ravinas**, formados na superfície exposta do talude, no interior da voçoroca, indicando o caminho e o fluxo preferencial do escoamento superficial concentrado.
- c) **Alcovas de regressão** que podem ser observadas sob diferentes condições litológicas e climáticas, sendo esculpidas pelo escoamento superficial e se apresentam em formas de filetes subverticais, quanto pelo afloramento pelo lençol freático, ou pela combinação destes dois mecanismos(Oliveira, 1999)

- d) **Os Filetes Subverticais**, são geralmente encontrados em paredes de voçorocas esculpidas em materiais pouco coesivos (solos compostos por partículas grandes e grossas, como cascalhos, ou pedregulhos, e não se aderem facilmente a outro, geralmente são permeáveis), em contato com materiais de maior coesão.
- e) **As marmitas ou panelas**, resultantes do efeito da erosão por queda d'água na base do talude ou em degraus no interior das voçorocas (Guerra ; Guerra 1997.; Oliveira, 1999).
- f) **Os Movimentos de massas**, se constituem como diversas feições encontradas no interior das voçorocas, como escorregamentos rotacionais e translacionais, corrida de lama queda de torrões, responsáveis pelo alargamento e avanço das erosões.
- g) **Erosão interna (*Piping*)**, esta pode estar vinculada à erosão por voçoroca, pois essa feição é oriunda do processo de formação de tubos ou canais a partir da face do talude através de transporte de partículas, podendo evoluir para grandes cavidades no subsolo (Camapum de Carvalho *et al.* 2006) Os terrenos estratificados favorecem o surgimento desse tipo de feição erosiva, pois o fluxo se concentra em uma determinada camada em função da diferença textural e, alinhada ao relevo ondulado pode ser determinante para a erodibilidade do solo/rocha.
- h) **Pináculo**, encontrado comumente nos anfiteatros das voçorocas, está relacionado com a dificuldade do solo, em ser erodido (Bertoni; Lombardi Neto, 1985; Camapum de Carvalho *et al.*, 2006)

Algumas das subfeições erosivas aqui descritas puderam ser identificadas no interior das ocorrências erosivas analisadas, podendo estar relacionadas a inúmeros condicionantes, como a exemplo, o ângulo da encosta, a curvatura em perfil e a curvatura em planta, estando associadas principalmente a forma e a intensidade dos fluxos hídricos, e portanto, tais análises acerca destes condicionantes ainda precisam ser mais aprofundados (Stabile; Vieira, 2009).

Como afirma Guerra e Marçal (2015 p. 81), a forma das encostas possui um papel muito relevante para a compreensão dos processos erosivos, sendo o foco de muitos pesquisadores, mais na prática, os processos geomorfológicos dominantes que operam sobre estas superfícies são, clima, geologia, cobertura vegetal, uso e manejo do solo.

Portanto as taxas de infiltração são consideradas ao tratar-se de processos erosivos e suas feições, pois esse fator influí diretamente na formação e a aceleração dos processos (Guerra; Silva; Botelho, 2007). O conhecimento acerca da taxa de infiltração da água no solo é fundamental para a definição de técnicas de conservação do solo como também auxilia no delineamento de sistemas de irrigação e drenagem.

Para além, este conhecimento auxilia na composição de uma imagem mais consolidada da retenção da água e aeração do solo analisado. (Paixão *et al.*, 2004.; Campos, 2019). O processo de infiltração do solo é influenciado por diversos fatores como as propriedades físicas do solo, as características das chuvas, o tipo de cobertura vegetal, o tipo de uso e manejo do solo, umidade antecedente do solo, as características das encostas e a microtopografia do terreno.

Isto configura a infiltração como um processo mutável e dinâmico ao longo do ano e a sua compreensão é fundamental para o entendimento da dinâmica da erosão. (Guerra; Silva; Botelho, 2007). Este fator sofre influência direta das características do solo, tipo de cobertura e do manejo, e se a infiltração ocorrer de forma rápida, haverá menor quantidade de água na superfície do solo evitando o escoamento superficial e diminuindo a chance de ocorrer os eventos erosivos.

Quando inevitável, o escoamento superficial hídrico gerado durante as chuvas nas vertentes e pelo escoamento em canais, acarreta o transporte de partículas de solo, este transporte depende de muitos fatores, a exemplo, a intensidade e duração das chuvas, o tipo de solo e seu uso, a cobertura vegetal e a declividade (Bertoni; Lombardi Neto, 2005).

As taxas de erosão estão relacionadas as características das encostas, isto podendo ser observado se levado em conta que a medida em que a encosta se torna mais longa, maior é o volume de água que se acumula durante o escoamento superficial (Guerra; Marçal, 2015).

A erosão é um processo normal relacionado a formação do solo, desde que

ocorra um equilíbrio entre este processo e seu desgaste, mais quando o processo de erosão é mais intenso, ou seja, a taxa de erosão maior que a pedogênese, ocorre a erosão acelerada, também chamada de erosão antrópica, caso esta seja ocasionada pela ação humana (Cunha, 1997).

Sena (2008), aponta a ação humana como o principal desencadeador dos processos erosivos acelerados, seja ele em áreas rurais ou urbanas, se desdobrando em desequilíbrios naturais, provocados no início do processo e tornando-se potencializadores dos processos pré-existentes na modificação do relevo, através do uso do solo com obras de engenharia, desmatamento e ocupação do solo.

### 2.3 A erosão: seus impactos e proteção civil

As camadas superiores do solo estão em constante movimento através dos fluxos, até o seu depósito nas porções mais inferiores das vertentes, estas podendo ser lagos, rios, açudes, estuários e oceanos, estabelecendo um equilíbrio natural, dinâmico e permanente, quando não há intervenções bruscas (Fendritch *et al.*, 1997).

A erosão quando ocorre no meio natural não causa danos significativos, torna-se imperceptível dentro de um sistema de equilíbrio geomorfológico, dotado de elementos de restauração rápida e lenta (Christofolletti, 1980).

Quando ocorre em um contexto urbano ou rural, revela-se um grande problema, se agravado, atinge de forma significativa as diversas atividades existentes, tornando-se um risco de ordem ambiental e socioeconômica (Moraes, 2018; Campos, 2020; Andrade *et al.*, 2022).

Os impactos da erosão em áreas rurais causam a perda de horizontes superficiais do solo, levando-o à infertilidade, altera-se sua topografia, impossibilitando as atividades e a sua produtividade, leva ao assoreamento de canais fluviais, impactando os ecossistemas aquáticos, reduzindo a biomassa e a diversidade do ecossistema afetando a disponibilidade dos recursos naturais (Hernani *et al.* 2002.)

Em relação a áreas urbanas Fendrich *et al.*(1997), destacam que a erosão se constitui de efeitos variáveis, extensivos, diretos e indiretos, sendo os danos dependentes da quantidade e natureza dos processos de transporte-deposição.



Todavia, as consequências da erosão vão para além de danos estruturais a imóveis, atingindo também de forma significativa a infraestrutura referente a obras de rede de água, esgoto, telefonia, eletricidade, drenagem pluvial e pavimentação, muitas das vezes, parcialmente ou totalmente destruídas.

Outras consequências são: a paralisação do tráfego em algumas ruas, depreciação imobiliária, desestímulo a investimentos, redução da produtividade social e migrações dos núcleos urbanos de apoio rural para as grandes cidades e, destas, para as metrópoles (Mendes, 2014. p. 4 – 5)

Cabe salientar que a erosão urbana é um processo complexo relacionado a diversos fatores e tem sua gênese com o processo inicial de ocupação, responsável pela exposição do solo e alterações morfológicas, desta forma altera-se as rugosidades naturais, intensifica-se o escoamento rápido reduzindo as taxas de infiltração aumentando a velocidade dos fluxos e a concentração, intensificando a vazão até um valor crítico potencializando a ação erosiva pluvial (Guerra; Marçal, 2015).

A erosão em ambiente urbano vai para muito além dos danos ambientais, torna-se um problema de ordem socioambiental como: deslizamentos, enchentes, assoreamento dos rios, soterramento de casa, fechamento de rodovias, ferrovias e outras vias de transportes, danos econômicos, entre muitos outros (Mendes, 2014).

Isso compete em riscos para a população, que muitas das vezes desconhecem os perigos nos quais estão submetidos, neste sentido podemos compreender que a noção quanto a percepção de risco e a impressão ou juízo intuitivo sobre a natureza e magnitude de uma determinada importância ou gravidade de um risco baseada em conhecimentos que o indivíduo acumulou ao longo de suas experiências pessoais (Gullo, 2015).

Porém, ao tratarmos de riscos associados a ocorrências erosivas neste trabalho, adotamos o conceito sob a óptica da vulnerabilidade, esta que é muito utilizada em diversos trabalhos que abordam os problemas ambientais. Deve-se ao fato, de ser um termo utilizado sob diversas formas de abordagem, logicamente, um ponto de vista conceitual de preferência do pesquisador.

Conforme o exposto, o termo *Risco* pode ser entendido como um aspecto da vulnerabilidade, pois trata-se de um termo mais amplo, podendo adotar diversas perspectivas como as de: *Vulnerabilidade Natural*, *Vulnerabilidade Social* e *Vulnerabilidade Ambiental* (França, 2020).

O conceito de *Risco* a ser mencionado, leva em consideração a definição expressa por Blaikie *et al.* (1994), se aproxima da vulnerabilidade referente a um estado de resistência, permanência e adaptação diante de uma nova possibilidade de ocorrência como destaca, Almeida (2011):

O conceito de vulnerabilidade, assim como o de risco, indica uma situação ou estado futuro. Nesse caso, a definição de Blaikie et al. (1994) parece oportuna, já que, para os autores, estar vulnerável significa compreender as características de uma pessoa ou grupo no que concerne à sua capacidade para antecipar, sobreviver, resistir e recuperar-se do impacto de uma ameaça ou perigo natural (Blaikie et al. 1994. Apud Almeida, 2011).

O que se justifica na permanência, resiliência da população local e reconstrução das estruturas atingidas pelos eventos ocorridos na área, cabendo ainda uma investigação mais profunda de seu histórico e da percepção pessoal e coletiva dos moradores quanto as ocorrências erosivas, uma investigação mais detalhada para posterior análise.

Em retorno ao raciocínio quanto as erosões podemos compreender que, a erosão em áreas urbanas é mais perceptível e atinge uma parcela maior de moradores, necessitando de uma mobilização maior dos órgãos responsáveis, em exemplo, a atuação dos órgãos de Proteção e Defesa Civil em conjunto com outras esferas, federais, estaduais e municipais, conforme a Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012.

Esta lei apresenta em seu Capítulo I (Artigos, 1º e 2º) “As disposições gerais que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC”, o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC, no parágrafo único “As definições técnicas para a aplicação desta lei serão estabelecidas em ato do Poder Executivo Federal”.

O Capítulo II (Arts 3º a 9º) trata da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), abordando as diretrizes e objetivos. A PNPDEC deve integrar-se a diversas políticas setoriais, incluindo ordenamento territorial, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas e mais, visando o desenvolvimento sustentável. A Seção II destaca as competências dos entes federados (união, estados e municípios) para implementar e coordenar a PNPDEC e o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC).

O Capítulo III (Arts 10º a 12º) dispõe sobre o SINPDEC, que tem como finalidade contribuir no planejamento, articulação, coordenação e execução de programas de proteção e defesa civil. O sistema organiza ações para prevenção de

desastres naturais e tecnológicos, avaliação e redução de riscos, atuação em desastres, e assistência às populações afetadas, conforme o Decreto Nº 7.257/2010.

Não devemos esquecer dos sistemas de controle e fiscalização, como a Carta de Aptidão a Urbanização, também conhecida como Carta Geotécnica de Aptidão da Urbanização, um documento cartográfico que avalia a capacidade dos terrenos para suportar os diferentes usos urbanos e atividades de engenharia.

Este documento tem por objetivo a minimização dos impactos e a garantia da segurança da população, e toma por base as análises geológicas, hidrológicas e geomorfológicas, identificando áreas mais adequadas para expansão urbana, evitando locais propensos a desastres naturais como deslizamentos, enchentes etc. Este documento utiliza um sistema de classificação de risco, que pode variar de Risco Baixo (R1), até muito alto (R4) (CPRM,2024).

Outros órgãos responsáveis pela regulamentação, fiscalização, orientação e disciplina no exercício das profissões de engenharia, arquitetura e agronomia no Brasil, segundo a Lei nº 5.194 de 24 de Dezembro de 1966, instituiu o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Engenharia (CONFEA), e os Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREAs).

Esta lei em síntese, possui os seguintes pontos principais:

- **As atividades profissionais**, como as profissões de engenheiro, arquiteto e engenheiro agrônomo caracterizadas por realizações de interesse social e humano, o aproveitamento dos recursos naturais, os meios de locomoção, edificações, e o desenvolvimento industrial e agropecuário;
- **O uso do título profissional**, como as denominações de engenheiro, arquiteto ou engenheiro-agrônomo são reservadas exclusivamente aos profissionais qualificados, podendo ser acompanhadas de designações de especialização;
- **O exercício legal da profissão**, definindo como ilegal o exercício da profissão por pessoas ou entidades não registradas, profissionais atuando fora de suas atribuições, emprestando nomes sem participação real, continuando atividades durante suspensão, ou entidades exercendo atribuições reservadas sem conformidade legal;
- **As atribuições profissionais**, incluem cargos em entidades diversas,

planejamento, projetos estudos e análises, ensino e pesquisa, fiscalização, direção e execução de obras, além da produção técnica especializada;

- **Fiscalização**, a aplicação da lei e a fiscalização do exercício das profissões são realizadas pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA) e pelos Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREAs).

Estes órgãos trabalham de forma integrada para garantir a segurança e o bem-estar das comunidades, utilizando tecnologias e estratégias de gestão de riscos para prevenir e responder de forma eficaz aos desastres que porventura possam ocorrer. A colaboração entre estes órgãos é essencial para fomentar um ambiente seguro e resiliente capaz de enfrentar os desafios impostos pelos desastres naturais e as mudanças climáticas.

A preocupação com os fenômenos erosivos acelerados é bem antiga. Os sumérios, uma civilização que habitou o sul do Iraque, nas porções das bacias hidrográficas dos rios Tigre e Eufrates, e que exerciam diversas atividades relacionadas ao uso do solo, durante a idade do Cobre e do Bronze (3300 a.C. – 1200 a.C.), já relacionavam a sedentarização do homem com o desgaste do solo.(Campos, 2019)

Essa temática e, as suas consequências começaram a chamar a atenção da comunidade internacional a partir dos anos 70, quando o tema foi abordado na Conferência das Nações Unidas, em Estocolmo (Suécia) no ano de 1972 e, desde então vem sendo preocupação entre diversas áreas do conhecimento (*op. cit.*)

No Brasil, os estudos acerca dos processos erosivos acelerados passaram a se intensificar e a se diversificar a partir dos anos de 1980, e estas produções se concentravam nas regiões Sul e Sudeste, onde estão localizadas instituições que são referências nos estudos sobre erosões e solos (Barretto; Lino; Sparovek, 2009).

Em decorrência das implicações causadas pela erosão, os impactos no cotidiano e a grande preocupação no aumento destes processos em decorrência das mudanças climáticas, há uma grande diversidade de estudos relacionados aos processos de urbanização e ocorrências erosivas aceleradas em ambiente urbano e rural nos últimos anos.

No estado do Maranhão os trabalhos desenvolvidos se debruçam sobre a

identificação, o diagnóstico e a recuperação de áreas atingidas por erosões. Uma parcela destes trabalhos destaca-se a falta de um plano gestor que priorize a aplicação de medidas de contenção, obras de drenagem, recuperação das áreas degradadas, além da falta de um planejamento adequado durante a ocupação de novas áreas de habitação sendo apontados como as principais causas deste problema (Marçal, 2000.; Santos; Leal, 2009.; Marçal; Guerra, 2010.; Sathler, 2010.; Bezerra, 2011.; Lisboa, 2014; Sousa, 2016.; Bezerra; Guerra; Fullen, 2016.; Moraes, 2018; Sousa, 2018; Lisboa, 2018.; Teixeira; Sousa; Silva e Santana, 2018.; Campos, 2020; Andrade *et al.* 2023).

Desta forma, as áreas periurbanas despertam nosso interesse, uma vez que as características deste espaço configuram uma junção dos contextos urbanos e rurais, permeados de alterações em que se desenvolvem diversas atividades econômicas, que competem a paisagem um mosaico diverso.

Já é de conhecimento científico os fatores que influenciam a ação erosiva, sendo eles:

- **Clima:** a ação da chuva, direção e força dos ventos, e as variações térmicas;
- **Tipo de solo:** fatores como porosidade, teor de matéria orgânica e composição química podem determinar a resistência de tal solo a erosão;
- **Declividade do terreno:** a inclinação do terreno favorece o escoamento superficial, podendo aumentar a intensidade da ação erosiva tanto pluvial quanto fluvial;
- **Tipo de cobertura vegetal:** a presença ou a ausência de vegetação afeta diretamente a estabilidade do solo. Áreas desmatadas, ou com vegetação inadequada, isso por conta do cultivo de espécies vegetais exóticas em uma área, contribui também, para a susceptibilidade a erosão;
- **Uso do solo:** práticas agrícolas inadequadas, construções urbanas e impermeabilização do solo contribuem para a intensificação de processos erosivos.

Portanto, os fatores naturais se relacionam às alterações causadas pelas intensas atividades antrópicas na área analisada, de cunho habitacional e agrário. Destas, a primeira, revela-se significativa, quanto as implicações de níveis ambientais decorrentes de seu caráter de ocupação recente que representa déficit em relação a rede de coleta de esgoto e lixo, e, portanto, distanciados da possibilidade de assistência por parte da gestão pública (Vieira, 2008). Todavia, também as implicações causadas pela natureza linear de estradas e vias que cruzam os gradientes topográficos, isto em relação aos processos hidrológicos, podendo contribuir para a concentração de escoamento, potencializando a densidade de drenagem, impactando também a nível da bacia hidrográfica. (Silva; Fortes, 2022).

Como destaca Tiz e Cunha (2007), a intensificação de atividades produtivas nas terras têm como consequência a probabilidade de origem e evolução dos processos erosivos e, considerando a erosão nestas circunstâncias como o resultado da inter-relação de fatores naturais e antrópicos.

Deste modo, essas alterações convergem para o desencadeamento de processos erosivos, e podemos deduzir que a sua intensificação de uma forma natural pode ocorrer mesmo sem a interferência humana, porém de uma maneira mais lenta. Mais o processo erosivo, quando submetido a alterações bruscas causadas pelas ações humanas, este se intensifica de maneira mais rápida e assim impactando o ambiente e a sociedade.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão descritos os procedimentos metodológicos para a realização da pesquisa, ocorridas nas seguintes etapas: Levantamentos bibliográficos e cartográficos, Atividade de Campo, Análise de laboratório e Trabalho de Gabinete.

Segundo Marconi e Lakatos (2003), o que se compreende por método de pesquisa é um conjunto de técnicas a serem seguidas para compreender determinado problema, referindo-se à execução da pesquisa, ao detalhamento e ao caminho para a obtenção dos dados para a compreensão dos fatos relacionados ao fenômeno estudado.

A pesquisa é um modo científico para a obtenção de conhecimento, um processo formal e sistemático para o desenvolvimento do método científico e de técnicas e metodologias.

Desta forma, para o geógrafo a prática do trabalho de campo (constatação *in loco* – observação, análise, comparação, aplicação da técnica), aliada a análise de laboratório (lugar de trabalho com ferramentas e equipamentos), são procedimentos que afirmam os compromissos com a comunidade envolvida, além de um compromisso ético na divulgação dos resultados para legitimação dos procedimentos metodológicos utilizados (Andrade; Schmidt, 2020).

Este trabalho utilizou a observação de imagens de sensoriamento remoto e interpretações em campo, de modo a oferecer um panorama geoambiental da área, identificando e caracterizando as ocorrências erosivas no bairro de São Brás e Macaco, instituído segundo a Lei de ordenamento municipal Nº 1.272, de 29 de dezembro de 2020, localizado no município de São José de Ribamar – MA. Deste modo, adotou-se o seguinte caminho metodológico para a obtenção dos dados para a pesquisa.

#### 3.1 Levantamentos bibliográficos e cartográficos

A revisão da literatura buscou atender as necessidades da pesquisa, sendo utilizadas referências teórico-metodológicas obtidas nas bibliografias especializadas encontradas no acervo da Biblioteca Central da Universidade Estadual do Maranhão, e no acervo local do GEOMAP (Grupo de pesquisa Geomorfologia e Mapeamento), além de teses e dissertações encontradas no repositório da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Os artigos foram adquiridos em portais de periódicos de outras

instituições, no *Reserchgate* e diretamente nos sites de revistas científicas nacionais e internacionais.

Foram pesquisados temas referentes a geomorfologia e suas aplicações nos estudos do solo, processos erosivos, espaço periurbano, impactos ambientais, bacia hidrográfica, classificação do solo, taxas de infiltração e análise granulométrica nas diferentes fontes como, livros, artigos científicos, monografias, dissertações e teses.

### 3.1.1 Elaboração dos mapas de Geologia, Pedologia, Compartimentação do Relevo, Hipsometria, Declividade, Usos e Cobertura.

Com o intuito de operacionalizar a identificação dos parâmetros geoambientais, e as ocorrências erosivas na localidade de São Brás e Macacos no Município de São José de Ribamar – MA, além do trabalho de gabinete procedeu-se à construção de mapas dos componentes físico-naturais (orbitais, altimétricos e morfométricos), utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) a partir do *software* livre *QGis for Desktop*, versão 3.34.12.

A escala, em geral, foi definida com o intervalo entre 1:10.000 até 1:250.000, possibilitando uma análise coesa com os dados levantados, assim como a própria abrangência espacial da área de estudo. É inerente destacar que todas as bases cartográficas presentes no atual relatório estão em Datum SIRGAS 2000 – Zona 23Sul.

Para a estruturação do mapa de geologia foram utilizados dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Referentes ao mapeamento litoestratigráfico do Estado do Maranhão do ano de 2018, e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024).

Na elaboração do mapa de solos, foram utilizados dados disponibilizados pelo Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA), da plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2023, como base o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos – SIBCS.

Os dados utilizados para a elaboração do mapa de compartimentação do relevo da área de estudo, foram obtidos dos arquivos vetorizados pelo Grupo GEOMAP, que elaboraram o mapa da Bacia hidrográfica do Jeniparana, onde está localizado maior parte da área de estudo, que utilizou como base as cartas planialtimétricas da DSG



(1980), nas escalas de 1:10000 e 1:60000.

Também foram utilizados estudos anteriores (Silva, 2012; Ross, 1992; CPRM, 2018), que possibilitaram a confecção de um mapa geomorfológico que considerou aspectos como geologia, hipsometria, declividade, morfogênese e morfodinâmica. As colinas foram identificadas com auxílio de imagens orbitais de resolução espacial de 30 metros. Também foram mapeadas as planícies de maré, fluviais e supramaré (apicum), reconhecidas pela vegetação típica, como manguezais e palmeiras nativas (Barros, 2024)

A elaboração dos mapas altimétricos e de declividade se deu pela aquisição de dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA dispostos no portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Valeriano, 2008.), também na obtenção das cartas da Diretoria de Serviço Geográfico – DSG (1980).

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens de satélite do ano de 2024, do *Landsat-8*, que possui o sensor OLI, de resolução espacial de 30 metros para as bandas multiespectrais obtidas através do software *Google Earth Pro*. Posteriormente realizou-se a classificação supervisionada com a utilização do software *ArcGIS*, na versão 3.4, para a identificação dos pixels que representam as Áreas vegetadas, as Áreas agrícolas, Áreas Urbanizadas, Água(Corpos hídricos) e Solo Exposto.

### 3.1.2 Identificação de ocorrências erosivas por imagens orbitais

A identificação das ocorrências erosivas foi realizada através de imagens orbitais fornecidas pelo aplicativo *Google Earth Pro*, uma ferramenta que possibilita observar um *timelapse* (passagem do tempo), das transformações ocorridas na superfície da terra.

Além da escolha desta ferramenta gratuita, a utilização de ferramentas de geoprocessamento gratuito como o *Qgis* que o mapeamento rápido e detalhado das informações, quanto também a utilização e criação de Modelos Digitais de Elevação (DEM). Essas ferramentas inseridas em uma análise deste tipo, são fundamentais e importantes para avaliar e mitigar os impactos ambientais causados pela erosão, além de contribuir para a recuperação de áreas degradadas (Oliveira, Paranhos Filho; Guaraldo,

2022).

Deste modo, foram quantificados 5 pontos de interesse para a realização das atividades de campo, auxiliando a elaboração de mapas para a orientação dentro da área de estudo, como também a identificação dos pontos onde foram encontradas as feições e efetuadas as coletas de amostras de solo.

### 3.2 Atividade de campo

Para reconhecimento e compreensão das ocorrências erosivas na região de São Brás e Macacos, os elementos condicionantes dos processos e as atividades realizadas pela comunidade as observações *in loco* foram fundamentais para: a caracterização das ocorrências, ilustração das atividades exercidas pela comunidade, além do registro fotográfico, com a utilização de *Drone modelo: DJI Mavic Air 3* (Figura 6)

**Figura 6** - Drone utilizado nas atividades de campo.



**Fonte:** Dados da pesquisa

Foram realizadas duas missões de campo, a primeira em dezembro de 2023 e a última em julho de 2024. Os trabalhos tiveram como finalidade: reconhecimento prévio da localidade, registro fotográfico, coleta de amostras de solo deformadas e indeformadas, teste de infiltração, identificação e mensuração das dimensões das feições

erosivas.

a) Coleta de amostras de solo

Com o objetivo de compreender os atributos físicos e morfológicos dos pontos analisados, foram coletadas cerca de 28 amostras de solo, de 4 pontos distintos, pois o um dos pontos identificados pelo uso de sensoriamento remoto não foi encontrado no local, portanto, das 28 amostras de solo, 12 foram de amostras deformadas e 16 de amostras indeformadas.

As amostras deformadas foram coletadas entre as profundidades de 10 e 15 cm, dado ao alto grau de compactação do solo, essas amostras foram coletadas em diferentes pontos na borda das feições erosivas. As coletas foram realizadas no dia 6 de julho de 2024, que coincidiu com o fim do período chuvoso na Ilha do maranhão (INMET, 2024)

Utilizou-se para a retirada das amostras deformadas um trado holandês e para as amostras indeformadas o coletor volumétrico de bordas cortantes (figura 7).

**Figura 7** - Procedimentos de coleta de amostra de solo



A – Procedimento para a retirada de amostras de solo deformadas com a utilização de Trado Holandês; B – Fixação do Anel Volumétrico de bordas cortantes, procedimento para a coleta de amostras indeformadas de solo.

**Fonte:** Dados da pesquisa.

#### b) Testes de infiltração

Os testes de infiltração foram realizados em 4 pontos onde foram encontradas as feições erosivas, no início do período seco na área (junho de 2024), a partir da mensuração das taxas de infiltração é possível caracterizar as ocorrências erosivas com mais precisão, pois um solo que apresenta uma baixa capacidade de infiltração está mais propício a erosão, promovendo um escoamento superficial mais intenso que precede o fluxo difuso e o aumento da capacidade erosiva da chuva.

Para a realização dos testes foi utilizada a técnica proposta por Guerra (2011), que explica o princípio do instrumento e a sua confecção por diferentes materiais. Para nossa análise foi utilizado um infiltrômetro de ferro, seguindo as proporções do autor, ou seja, 15 cm de altura, 10 cm de largura ( $r = 5$ ) (Figura 8)

**Figura 8 - Infiltrômetro**



**Fonte:** Dados da Pesquisa

Além do instrumento, foram utilizados: garrafas pet de 5 litros, para o transporte de água para o preenchimento do infiltrômetro, cronômetro digital e prancheta para anotação dos valores.

Os testes foram realizados às bordas das quatro ocorrências erosivas, sendo

realizados da seguinte forma: 1 – Escolhido um local na borda da ocorrência erosiva, utilizou-se o martelo para fixar 5cm do infiltrômetro no solo, 2 – fixou-se a régua na borda do instrumento no nível de 10 cm, 3 – o interior do infiltrômetro foi preenchido com água até alcançar 10 cm, 4 – a partir deste momento, iniciou-se a cronometragem seguindo em anotação, segundo proposto por Guerra (2011), no tempo de 30 s, 60 s, 1:30 min., 2 min., 3 min., respectivamente até 30 min.

Caso a água chegasse à marca de 5 cm na régua antes dos 30 minutos de ensaio, o infiltrômetro era novamente preenchido, para a continuidade da análise de infiltração.

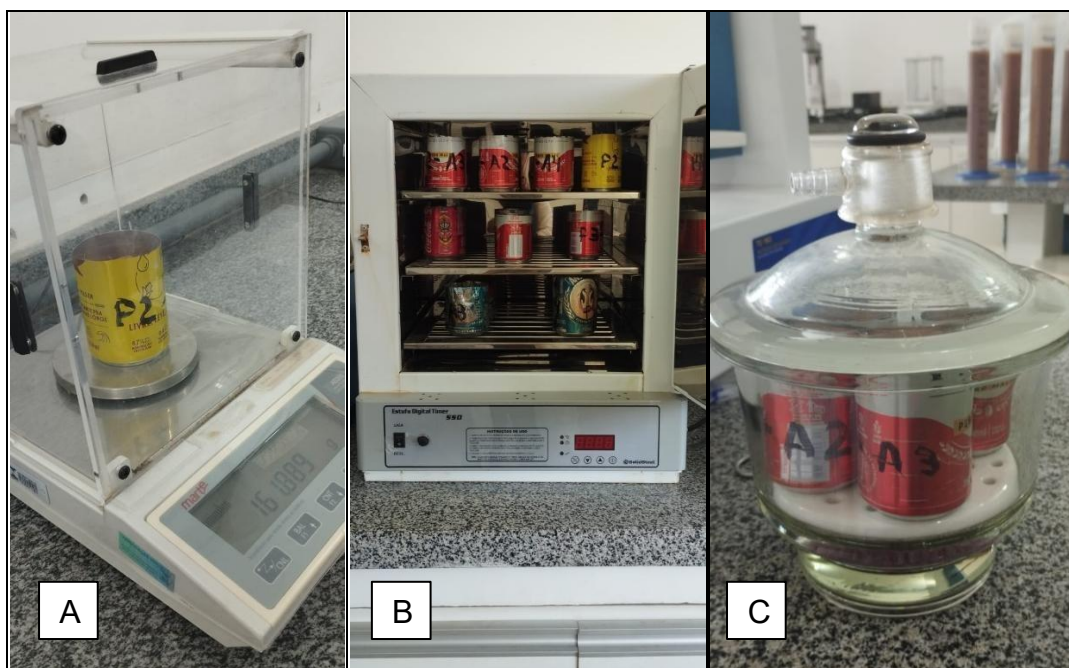
### 3.3 Análise de Laboratório

Após a finalização das coletas de amostras de solo, iniciaram-se as análises no Laboratório de Geociências e do Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP) do Departamento de Geografia (DG) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), para a obtenção dos valores relacionados aos atributos físicos do solo.

As análises dos atributos físicos do solo foram determinadas as seguintes propriedades: densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e granulometria, conforme o manual de análise dos solos da EMBRAPA (2011), e a técnica do balão volumétrico segundo Blake; Hartage (1986) e Bowes (1986).

A densidade do solo é determinada pela composição mineral e o seu grau de compactação. A determinação da densidade do solo foi realizada através da análise da amostra extraída por meio do coletor volumétrico de bordas cortantes. Esta amostra é colocada em um recipiente devidamente identificado de alumínio, com seu peso vazio registrado. Posteriormente, as amostras são encaminhadas a uma estufa e lá permanecem por 24 horas, sob uma temperatura de 105°C (Figura 9)

**Figura 9** - Procedimentos de laboratório para a obtenção da densidade do solo



A – Identificação do peso úmido da amostra; B – Estufa para secagem das amostras; C – Dessecador para o resfriamento das amostras.

**Fonte:** Dados da pesquisa.

A densidade do solo é definida pela relação entre a massa de uma amostra de solo seca a  $105^{\circ}\text{C}$ , e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros, sendo esses dados fundamentais para a metodologia empregada (Lisboa, 2018). É obtido pela seguinte formula:

$$D_s = \frac{M}{V} g/cm^3$$

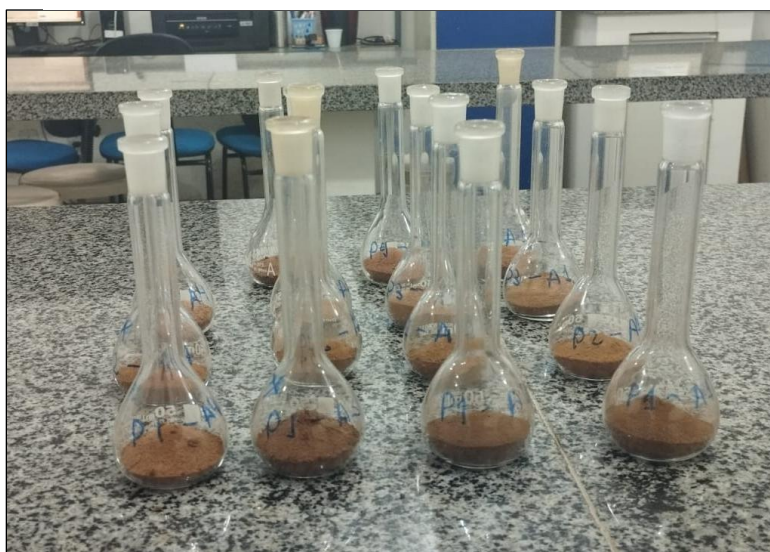
Onde **D<sub>s</sub>**, é a densidade do solo, **M** a massa em gramas e **V** o volume em centímetros cúbicos. A massa é determinada pela pesagem da amostra na balança de precisão depois de seca a  $105^{\circ}\text{C}$  na estufa. O volume é o mesmo do anel volumétrico,  $100\text{ cm}^3$

A densidade de partículas, segundo Blake e Hartge (1986), corresponde apenas a fração sólida de uma amostra de solo, sem considerar a porosidade. Deste modo, para se determinar a densidade de partículas foi utilizada a técnica do balão volumétrico.



Retirou-se 20g de solo seco de cada amostra de solo indeformado após secagem á 105°C na estufa, transferindo-as para um balão volumétrico de 50ml (Figura 10), adicionou-se 25ml de álcool etílico, agitando cada amostra por 1 minuto, deixando em repouso por 15 minutos, adicionando -se mais álcool para completar o volume do balão volumétrico e, por meio de uma bureta fez-se o registro de volume de álcool etílico perdido.

**Figura 10** - Balões volumétricos contendo amostras de solo



**Fonte:** Dados da pesquisa

A determinação da densidade de partículas é fundamental para a compreensão da proporção dos diferentes componentes do solo, como quartzo, argila e matéria orgânica, refletindo a composição mineral deste solo. Para além, podemos calcular a porosidade total do solo, buscando o entendimento acerca da capacidade de retenção de água e a aeração desse solo. Também podemos determinar sua classificação e orientar as melhores formas de manejo que exigem diferentes técnicas de cultivo ou irrigação (EMBRAPA, 2011). A porosidade do solo é definida como a proporção do volume de espaços vazios em relação ao volume total do solo, sendo estes espaços preenchidos por ar ou água. Para se calcular a porosidade do solo, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$PT = \frac{a - b}{a} \times 100$$

a



Onde **PT**, corresponde a porosidade total, sendo **a** densidade de partículas e **b**, densidade do solo.

Para a análise granulométrica foram seguidos os seguintes passos:

- **Preparo das amostras** – as amostras foram expostas ao ar livre durante 24 horas para secarem naturalmente, acomodando-as em recipientes de alumínio devidamente identificados.
- **Ataque das amostras** – 20g de amostras de solo seco foram depositadas em frascos *Erlenmeyer* de boca estreita de 250 ml (Figura 11), posteriormente em cada recipiente acrescentou-se uma solução de 10 ml de NH 1N (Hidróxido de Sódio), logo em seguida foi depositado 100 ml de água destilada, agitando o conteúdo com um bastão de vidro, deixando as amostras em repouso por 24 horas.
- **Processo de Sedimentação** – Após as 24 horas de repouso, o conteúdo das amostras foi agitado no “*Stirrer*” durante 15 minutos. Após a agitação, o conteúdo das amostras foi lavado com água destilada através de uma peneira de malha de 20  $\mu$ m (0,053- n° 270), se depositando em uma proveta de 1000 ml. O material foi lavado a uma certa distância da proveta para que a água exerça uma pressão sob os sedimentos, tornando o procedimento mais preciso e eficiente (Figura 13a). O material depositado na proveta de 1000 ml foi agitado novamente por 20 segundos, aferindo também a sua temperatura, sendo este procedimento baseado na Lei de *Stokes*, levando também em consideração a densidade real (2,65 g/cm<sup>3</sup>).
- **Procedimento para material em suspensão** – após o tempo cronometrado a partir do quadro de tempo de sedimentação, conforme EMBRAPA (2011), foi inserido uma pipeta de 50 ml a uma profundidade de 5 ml, coletando o material em suspensão por sucção promovida pela pipeta ( Figura 13b), posteriormente expelindo as amostras individualmente em um *becker* de 50 ml, de peso conhecido e devidamente identificados, colocados posteriormente para secar em uma estufa por 24 horas a uma temperatura 100°C. após o resfriamento dentro de um almofariz, pesou-se obtendo o peso da argila.
- **Separação das areias** - O material retido na peneira foi depositado em placas de Petri de peso vazio conhecido e devidamente identificados, assim as amostras de areias foram secas na estufa por 3 a 5 horas até a evaporação total da água,

resfriando-as no almofariz, em seguida, o material foi direcionado ao agitador de peneiras( Figura 13c), composto pelas malhas ASTM: n°16, n°30, n°60, n°100, n°200 e fundo, pesando e anotando a quantidade de areia retida em cada malha.

**Figura 11** - Procedimento de ataque das amostras.



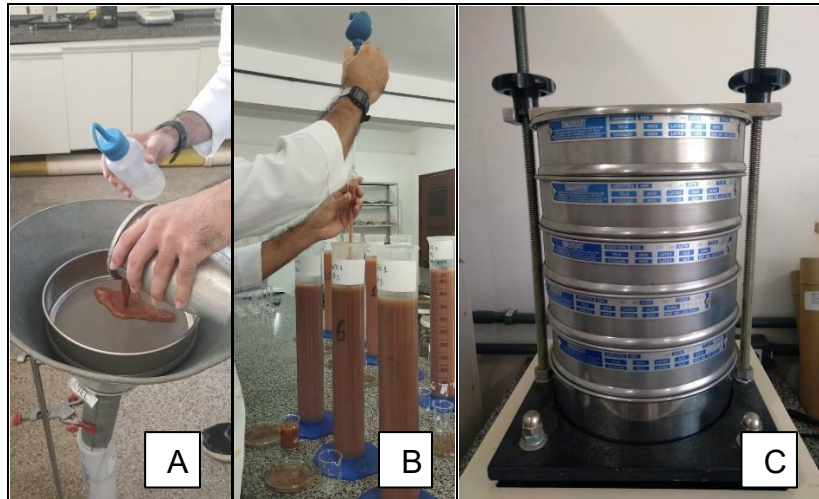
**Fonte:** Acervo Pessoal

**Figura 12** - Frascos de Erlenmeyer contendo amostras de solo e solução de hidróxido de sódio.



**Fonte:** Acervo Pessoal

**Figura 13** - Procedimentos de análise Granulométrica.



A – Lavagem das amostras após uma noite de descanso; B – Retirada das amostras de argila com auxílio de pipetador; C – as partículas de areias, após secagem na placa de *Pietri* passam pelo agitador de peneiras.

**Figura 14** - Exemplo das areias separadas de acordo com a granulometria específica de cada malha.



Fonte: Acervo Pessoal

Seguindo as etapas já descritas, foi possível a obtenção dos valores a serem aplicados as seguintes fórmulas dos cálculos das frações granulométricas:

ARGILA (%):

$$[(A + T) - T] * 100 = +2$$

Onde **A**, Argila, **T** é Tara.

AREIA TOTAL (%):

$$AT(gramas) * 100 = 20 * X$$

SILTE (%):

$$100 - (AT + A) = SILTE$$

Onde: **AT** é Areia total, e **A** é Argila.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização da área de estudo.

A pesquisa foi realizada no Município de São José de Ribamar que se localiza na Região Geográfica intermediária de São Luís (IBGE,2017), de acordo com a regionalização proposta pelo Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC), está na região Metropolitana da Grande São Luís (IMESC, 2020). A população de São José de Ribamar conta com cerca de 244.579 habitantes, com uma densidade demográfica de 1,356, 04 habitantes Km<sup>2</sup>, segundo dados do último censo demográfico (IBGE, 2022)

O Bairro de São Brás e Macaco está identificado pelo ponto da coordenada 2°36'11.53" S – 44°09'12.53" W na porção sudeste do território municipal de São José de Ribamar (Figura 1), limitando se ao Norte com o bairro da Mata; ao Oeste com o bairro da Cidade Olímpica (bairro do município de São Luís); a Leste com o bairro Matinha e ao Sul com o bairro de Santana. A área de estudo abrange cerca de 1,9 Km<sup>2</sup>, na porção Sudeste da Ilha do Maranhão.

### a) Geologia

A Grande Ilha do Maranhão está situada na porção central do Golfão Maranhense, sendo a maior reentrância do litoral do estado. Este Golfão representa um complexo de sistemas estuarinos, com baías, várias ilhas, inclusive a desembocadura dos sistemas de drenagem Mearim-Pindaré-Grajaú, na Baía de São Marcos e dos rios Itapecuru e Munim na Baía de São José (Silva, 2012 p. 81)

Em termos estruturais, o Golfão Maranhense está inserido na bacia costeira de São Luís, limitada ao norte pela plataforma continental, ao Sul pelos Altos Estruturais Arco Ferrer – Urbanos Santos; a leste pelo Horst de Rosário e a Oeste pelo Arco de Tocantins (Pereira, 2006).

A Bacia Costeira de São Luís apresenta em sua litoestratigrafia as seguintes unidades: Formação Itapecuru, Terciário Paleógeno, Formação Barreiras, Coberturas Lateríticas e Formação Açu (Rodrigues *et al*, 1994; Almeida, 2000; Veiga Júnior, 2000b; Pereira, 2006).

A Formação Itapecuru representa um conjunto de sedimentos caracterizados por arenitos finos, siltitos e folheilos. Segundo Rodrigues *et al* (1994), pode ser dividida em Membro Inferior Psamítico e Membro Superior Alcântara.

Segundo Silva (2012 p.83), o Membro Inferior Psamítico é caracterizado pela presença de arenitos finos e médios, quartzos com feldspato caulinizado, mica, nódulos ferruginizados de estratificação plano-paralela e cruzada, apresentando idades entre 112 a 99 M.A., a partir de análises micropaleontológicas<sup>7</sup>.

O Terciário Paleógeno é caracterizado pela presença de siltitos e argilitos de cores variegadas nos tons róseo-avermelhados e esbranquiçados, com intercalações de arenitos finos a médios, esbranquiçados e róseos (*op. cit.*)

O Grupo Barreiras, são caracterizados por sedimentos areno-argilosos de coloração róseo-avermelhada e ferruginizados com siltitos maciços de cores variando de

---

<sup>7</sup> As análises micropaleontológicas envolvem o estudo de microfósseis para diversas aplicações, como a bioestratigrafia, que ajuda a datar e correlacionar camadas de rochas sedimentares; a paleoecologia, que fornece informações sobre ambientes antigos; a paleoclimatologia, que reconstrói condições climáticas passadas; a exploração de hidrocarbonetos, essencial na indústria de petróleo e gás; e as análises ambientais, que avaliam mudanças e impactos ecológicos em zonas aquáticas. Essas análises utilizam técnicas avançadas de microscopia e outras ferramentas geológicas para obter um conhecimento integrado e preciso das regiões estudadas (Alves *et al.*, 2019)

amarelo a ocre; conglomerativos e desorganizados, ocasionalmente (Rodrigues *et al*, 1994; Pereira, 2006).

Em relação as Coberturas Lateríticas Imaturas, estas apresentarem um perfil geológico simples, caracterizado por apresentar horizontes bem definidos, horizontes concrecionário ou ferruginoso (Limonítico<sup>8</sup>), horizonte mosqueado, horizonte pálido e rocha-mãe, do topo para base (Rodrigues *et al*, 1994; Almeida, 2000; Veiga Júnior, 2000b; Pereira, 2006)

A formação Açuí é composta por sedimentos arenosos inconsolidados e argilosos relacionados com diversos tipos de depósitos superficiais que ocorrem na Ilha do maranhão. Esta formação apresenta uma idade pleistocênica tardia e holocênica relacionada aos depósitos de argila adensadas com areias, fluviomarinhas, de mangues, marinhas litorâneas, eólicas litorâneas aluvionares e coluvionares fluvio lacustres (op. cit.).

Segundo a classificação da CPRM (2018), encontram-se na área de estudo as seguintes unidades: Grupo Barreiras, Formação Itapecuru e Depósitos aluvionares.

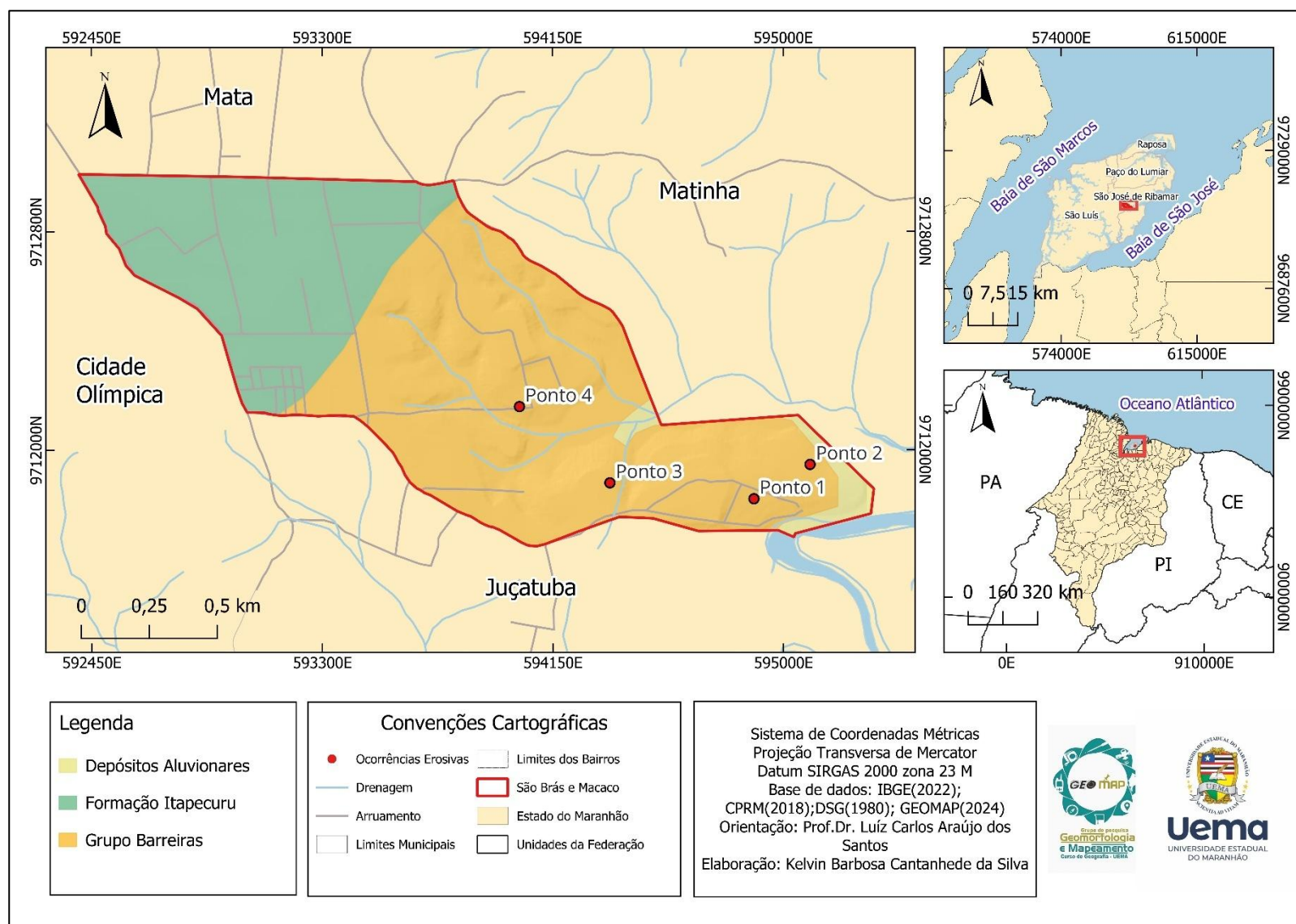
**Tabela 1** - Unidades Litoestratigráficas do Bairro São Brás e Macaco

Unidades Litoestratigráficas		Área (km <sup>2</sup> )	Área(%)
Grupo Barreiras	Tabuleiro pouco dissecado	1,22	63,1
Formação Itapecuru	Tabuleiro muito dissecado	0,664	34,4
Depósitos Aluvionares	Planície de Maré	0,05	2,5
<b>Total:</b>		1,934	100

**Fonte:** CPRM (2018) Adaptado pelo autor

<sup>8</sup> Limonítico: refere-se a um tipo de solo rico em limonita, uma mistura de óxidos de ferro hidratados de cor amarela ou marrom avermelhada.

**Figura 15 - Litoestratigrafia de São Brás e Macaco**



Fonte: CPRM(2018) Adaptado pelo autor.



b) Geomorfologia

As Feições Geomorfológicas identificadas na área de estudo foram, Tabuleiros pouco dissecados, Tabuleiros muito dissecados, Colinas e Planícies de maré.(Silva, 2012; Barros, 2024)

**Os tabuleiros** são formas de relevo com superfícies planas e limites abruptos, situados entre 40 e 60 metros de altitude e com declividade de 0 a 6%. Eles são vulneráveis a fenômenos superficiais, como alagamentos, e desempenham um papel importante na recarga dos aquíferos, também apresentam topos planos e bordas com inclinações acentuadas, sendo sua superfície ligeiramente modificada por uma baixa rede de drenagem, o que resulta em encostas amplas e suaves.

Na região central da Ilha do Maranhão, o topo das superfícies tabulares preservadas representa a área mais elevada, com altitudes entre 50 e 65 metros. Esses tabuleiros são essenciais para a recarga dos aquíferos e apresentam características que os tornam suscetíveis a modificações naturais e antrópicas, a exemplo as áreas planas ou com suave inclinação que favorecem a ocupação e a apropriação de relevo, assim como a implementação de infraestrutura urbana (Silva, 2012; *no prelo* Barros, 2024).

**Tabela 2** - Feições Geomorfológicas de São Brás e Macaco

Feições	Área(Km²)	Área (%)
Tabuleiro pouco dissecado	0,99	51,3
Tabuleiro muito dissecado	0,71	36,8
Colinas	0,103	5,4
Planície de Maré	0,118	6,12
<b>Total:</b>	1,921	100

**Fonte:** Silva (2012); *no prelo*. Barros(2024)



**Figura 16** - Vista da porção superior do tabuleiro na área de estudo, área de alagamento sazonal conhecida como: Lagoa de São Brás.



**Fonte:** Acervo pessoal.

**As colinas** representam as porções do tabuleiro que passaram por processos morfogenéticos e que sofreram erosão preservando seu topo relativamente plano, ou seja, são formas contidas nos tabuleiros muito dissecados, com encostas suaves a muito íngremes (Pereira, 2006. p.99). Estas formas de relevo estão presentes em quase toda a ilha (Silva, 2012), presente também na Bacia Hidrográfica do Rio Jeniparana, onde situa-se a área de análise, sendo esta forma de relevo relativamente baixa, apresentando variações entre 20 e 40 metros, com uma declividade de 0 a 6% (*no prelo*, Barros, 2024).

**Figura 17** - Colinas na área de São Brás e Macaco



A seta amarela indica a porção superior de uma colina ao fundo da imagem, nesta área curiosamente é onde está localizado o Ponto 3.

**Fonte:** Acervo pessoal

**As planícies de maré** são áreas deposicionais localizadas em costas planas ou levemente inclinadas, onde a energia das marés é predominante em relação a energia das ondas. Devido à sua baixa permeabilidade e predominância de argila, essas planícies são propensas ao desenvolvimento de canais de maré que desempenham um papel importante no transporte de sedimentos em direção à costa (Rosseti, 2008).

Estes ambientes estão relacionados com ambientes estuarinos (Miranda; Castro; Kjerfve, 2002), assim como característica do Rio Jeniparana, que desempenha um papel importantíssimo para muitas espécies. Estes ambientes são localizados em margens de estuários, lagunas, baías ou atrás de ilhas-barreira, e que dependem muito das amplitudes de maré. Os especialistas costumam dividir as planícies de maré em três zonas distintas: **inframaré, intermaré e supramaré** (Suguio, 2003; Rosseti, 2008).

A zona supramaré está situada acima da influência regular das marés, sendo afetada apenas durante as marés mais altas, conhecidas como sizígias<sup>9</sup>. A zona intermaré, localizada entre a supramaré e a inframaré, é onde ocorre a sedimentação por acréscimo lateral e elevação. Já a zona inframaré, está abaixo da linha de maré baixa, é predominantemente subaquática e composta por sedimentos arenosos depositados lateralmente. Segundo Barros (2024), as planícies de maré presentes na área do estudo são locais em que há ocupação da superfície pelas águas da maré de forma contínua no intervalo de cheias e vazantes das águas, nestas planícies são encontradas vegetação de mangue.(Figura 18)

**Figura 18** - Área de Mangue em São Brás e Macaco



**Fonte:** Acervo Pessoal.

Em conformidade com a Declividade e a Hipsometria, uma vez que estes valores são relativos a erodibilidade dos solos, afetando as taxas de erosão em diferentes níveis devem ser levados em consideração junto às características superficiais do solo, tanto como a remoção, quanto a quantidade do escoamento superficial (Guerra; Cunha, 2015, p 163-164).

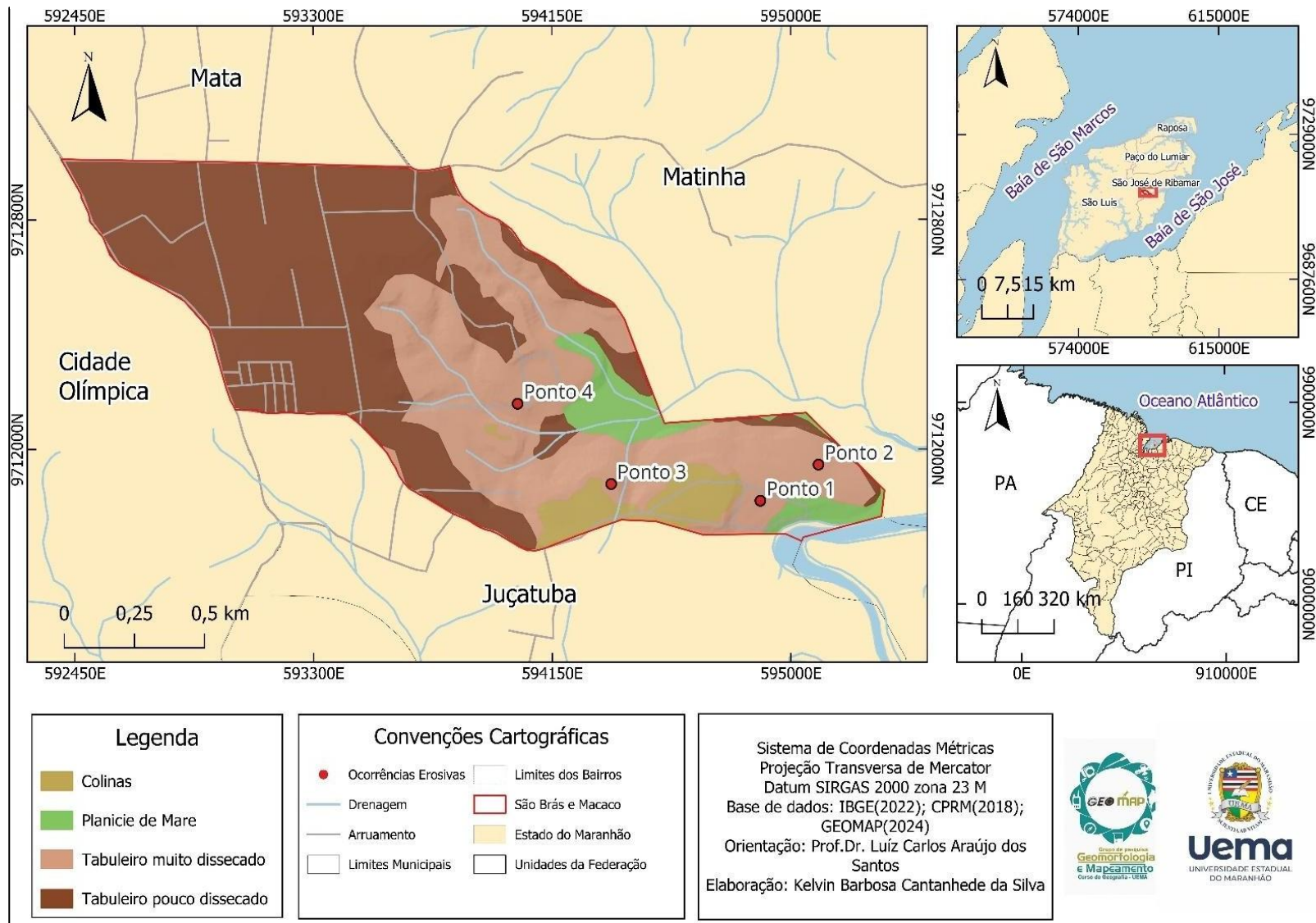
---

<sup>9</sup>A maré de sizígia ocorre durante as fases de lua nova e lua cheia, quando o Sol, a Lua e a Terra estão alinhados. Esse alinhamento resulta em uma maior força gravitacional combinada, causando marés mais altas e mais baixas do que o normal. Este fenômeno ocorre a cada duas semanas. Por conta desta dinâmica gravitacional muito presente no Golfão Maranhense, torna-se uma potencial fonte de energia limpa (Czizewski, 2019).

Na área de estudo, são reconhecidas as seguintes classes de declividade, de acordo com EMBRAPA(2018): **0% - 3%** para topografias horizontais, **3% - 8%** para topografias suave-onduladas, **8% - 20%** para topografia ondulada e **20% - 45%** para áreas de declives mais acentuados. O mapa relativo a hipsometria foi elaborado a partir de curvas de nível com o intervalo de 5 (cinco) metros, sendo adotadas as seguintes classes: **0 – 10(m); 10 – 20(m); 20 – 30(m); 30 – 40(m); 40 – 45(m)**

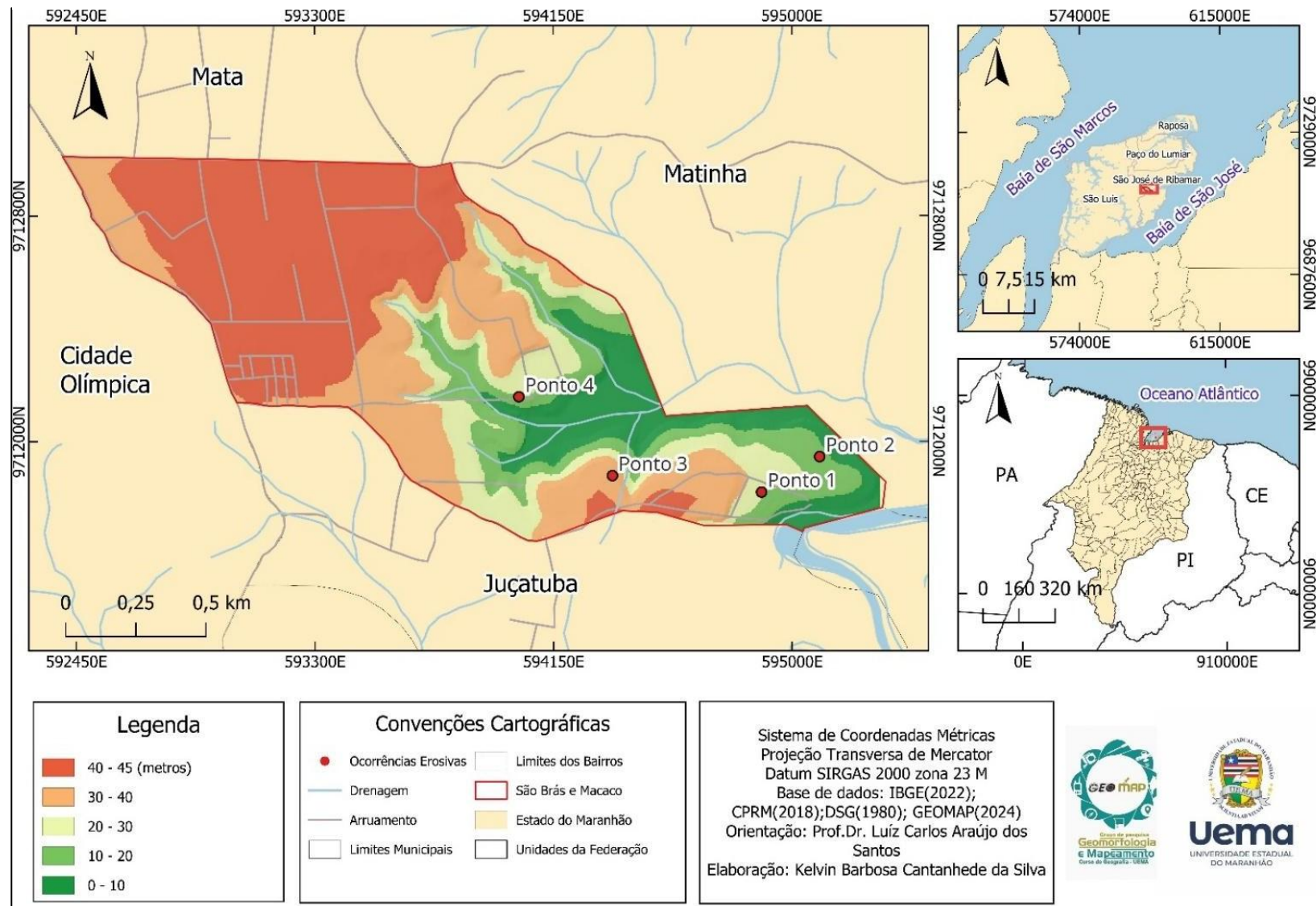


**Figura 19 - Mapa de compartimentação do relevo de São Brás e Macaco**



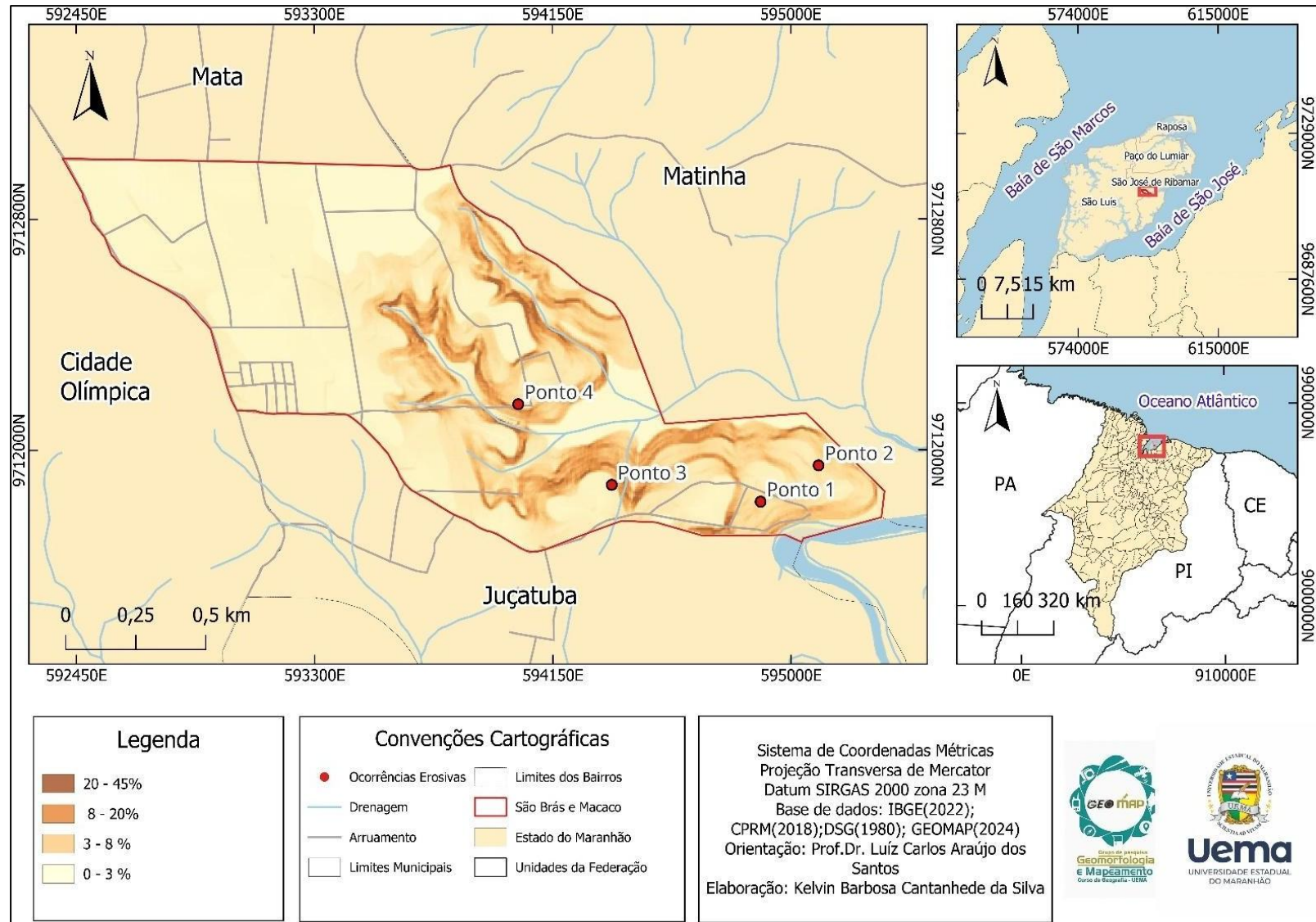
**Fonte:** Silva (2012); Barros (2024); Adaptado pelo autor

**Figura 20 - Hipsometria do bairro de São Brás e Macaco**



**Fonte:** DSG (1980); Valeriano(2008), Adaptado pelo autor.

**Figura 21 - Declividade (%), de São Brás e Macaco**



**Fonte:** DSG (1980); Valeriano (2008), Adaptado pelo autor.



### c) Solos

Em relação aos aspectos pedológicos, encontram-se na área de estudo os seguintes solos segundo EMBRAPA (2018); IBGE (2024): Argissolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelho – Amarelo Distrófico e Solos de Manguê.

O **Argissolo Vermelho Distrófico** é um solo caracterizado pela cor vermelha acentuada devido a presença de óxidos de ferro presentes em seu material originário, este solo é comum em ambientes bem drenados e apresenta uma fertilidade variável, dependendo dos materiais que o compõe (EMBRAPA, 2018).

O Horizonte subsuperficial tem um teor de argila superior ao superficial, este solo é geralmente encontrado em áreas de relevo ondulado, mais também pode ser encontrado em áreas menos declivosas, o que favorece a sua mecanização. A diferença textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais dificulta a infiltração de água tornando o solo mais susceptível a erosão (EMBRAPA, 2018).

Os Solos do tipo **Argissolo Vermelho – Amarelo Distrófico** se caracterizam pela coloração Vermelho amareladas por conta da mistura de óxidos de ferro hematita e goethita. Sua textura apresenta um horizonte de acumulação de argila (horizonte Bt), com textura média a argilosa. Este solo apresenta baixa a muito baixa fertilidade natural, com reação ácida e argilas de atividade baixa. São geralmente bem drenados e profundos, apresentam boa estrutura, são utilizados predominantemente para a cultura da cana-de-açúcar, fruticultura (jaca, manga, banana, sapoti, citros, coco, acerola), pastagem plantada (capins braquiária, pangola e elefante), cultura da mandioca e algumas culturas de maracujá e inhame (EMBRAPA, 2018).

Em regiões de Tabuleiros Costeiros, esses solos requerem a aplicação de corretivos e fertilizantes para alcançar uma boa produtividade das culturas. Além disso, é necessário o uso de matéria orgânica no horizonte superficial, especialmente em solos de textura arenosa (EMBRAPA, 2018).

Os **Solos de Manguê** são geralmente encontrados em ecossistemas de manguezais, áreas de transição entre ambientes terrestres e marinhos localizados geralmente em regiões costeiras, estes solos possuem características únicas devido à influência das marés e presença de água salobra.



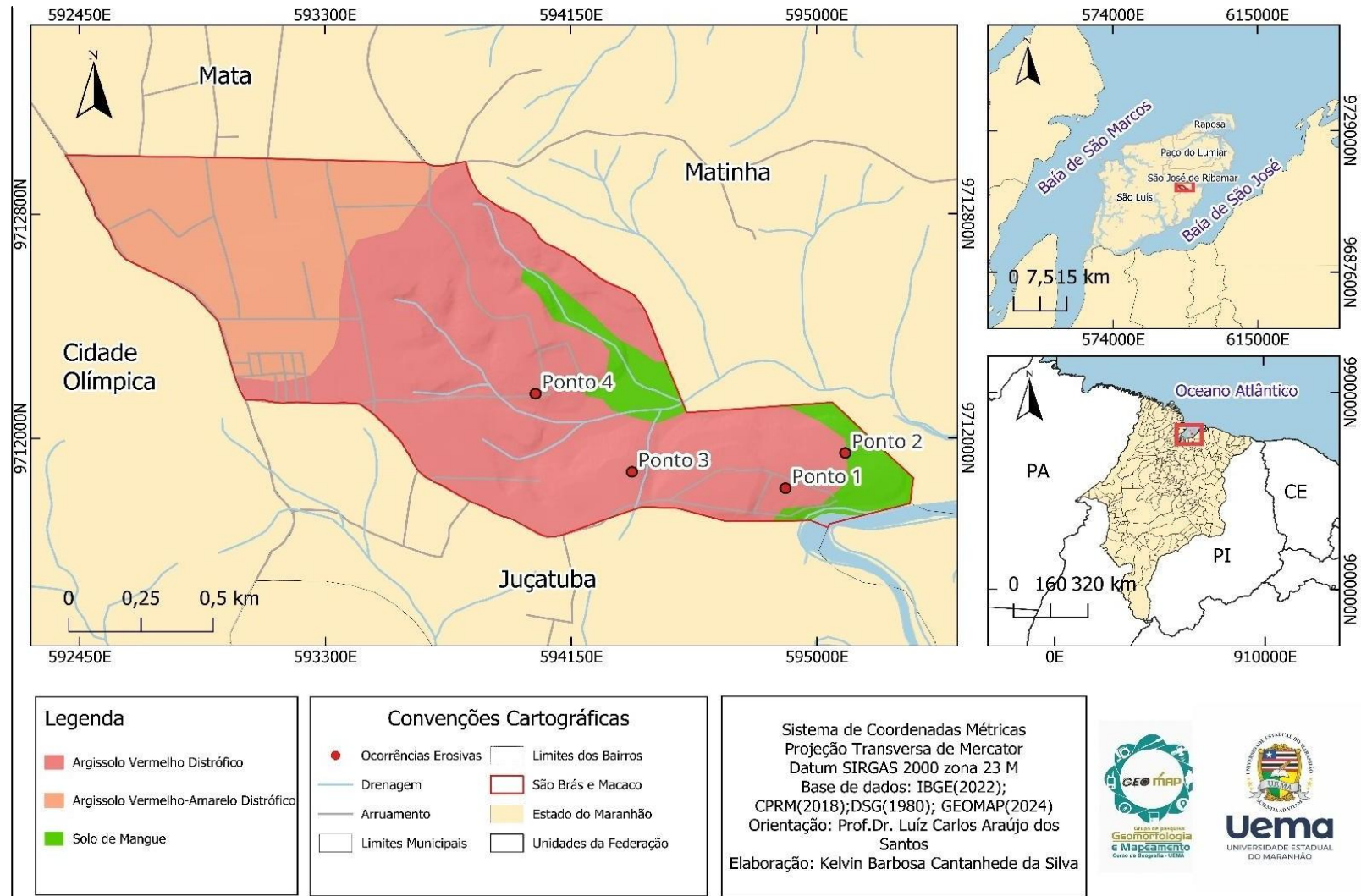
Os Solos de Mangue são halomórficos, pois possuem altos teores de sais provenientes da água do mar, também são hidromórficos, pois apresentam alta saturação de água. Sua textura lamacenta é composta por sedimentos fluvio-marinhos recentes misturados com detritos orgânicos. Estes solos não apresentam uma diferenciação clara entre os horizontes ao longo do perfil, exceto em áreas marginais onde pode haver textura variável entre arenosa e argilosa, podendo ser Gleissolos. (EMBRAPA, 2018).

**Tabela 3** - Unidades pedológicas de São Brás e Macaco

<b>Tipo de solo</b>	<b>Área (Km²)</b>	<b>Área(%)</b>
Argissolo Vermelho Distrófico	0,58	29,8
Argissolo Vermelho - Amarelo Distrófico	1,19	61
Solos de Mangue	0,18	9,3
<b>Total:</b>	51,9	100

**Fonte:** EMBRAPA (2018), Adaptado pelo autor

**Figura 22 - Solos de São Brás e Macaco**



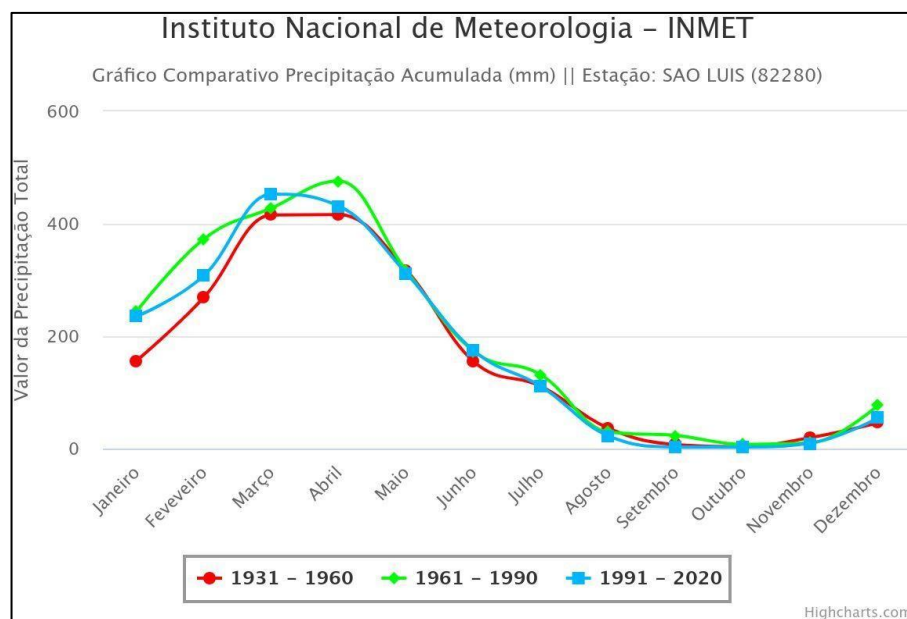
Fonte: EMBRAPA (2018), Adaptado pelo autor

#### d) Condicionantes Climáticos

Segundo Ayoade (1996), o clima tem relação direta com a fauna, a flora, os solos e as rochas de um ambiente. A análise que leva em consideração os fatores climáticos, favorece o entendimento da relação entre os processos erosivos com o meio, perceber a influência sazonal, permite à gestão

O clima da Ilha do Maranhão é caracterizado por ser Tropical Chuvoso( figura 23), com período seco no inverno e quente com chuvas de verão, ou seja, Aw, isto segundo a classificação de Köppen-Geiger, assim, apresentando períodos chuvosos de janeiro a junho e períodos secos de julho a dezembro (Pereira, 2006; Nóbrega, 2010)

**Figura 23** - Precipitação acumulada da estação de São Luís

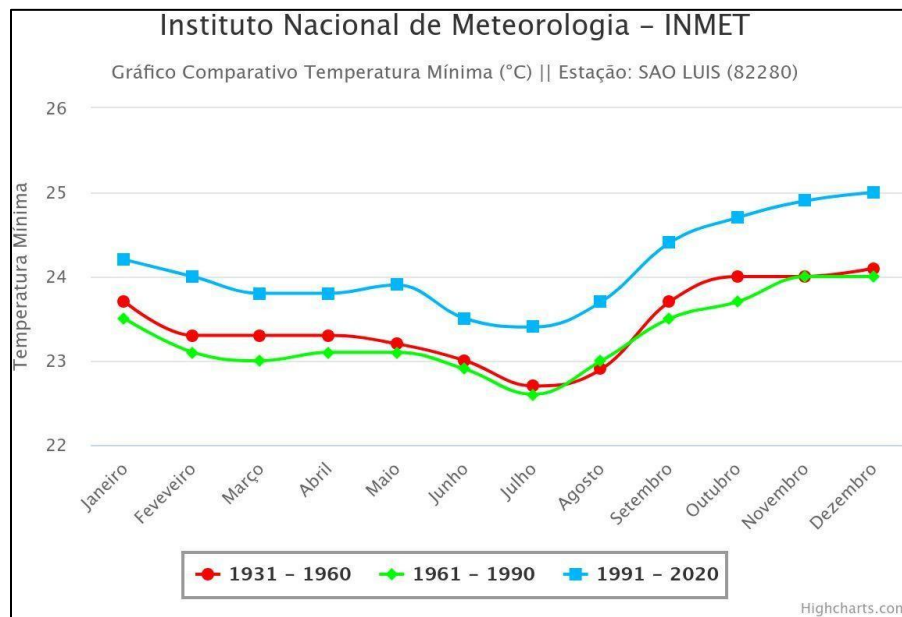


**Fonte:** INMET (2024)

A estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Ilha do Maranhão, está localizada no município de São Luís, na Reserva do Itapiracó, cerca de 10,6 km da área de estudo. As características climáticas da região estão relacionadas à dinâmica atmosférica regional, devido à influência e ação em escala macrorregional das massas de ar (Massa de Ar Equatorial atlântica e Massa de Ar Equatorial continental), dos centros dispersores e das zonas de convergência (Zona de Convergência Intertropical – ZCIT) (Araújo, 2014).

Com base no gráfico disponibilizado pelo INMET (2024), é perceptível a sazonalidade dos regimes de chuva na região da Ilha do Maranhão, mencionados anteriormente. Em decorrência, temos os períodos chuvosos com as temperaturas na região da Ilha do Maranhão mais amenas, enquanto nos períodos de estiagem tornam-se mais altas, isto em decorrência de uma maior incidência solar neste período (MARANHÃO, 2002).

**Figura 24** - Temperatura mínima da estação de São Luís



**Fonte:** INMET (2024)

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), atua na porção norte do Estado do Maranhão, alterando o regime climático referente a temperatura e precipitações, cabe citar outros fatores influentes nos fenômenos atmosféricos atuantes no estado, como a atuação do fenômeno *El Niño*, sobre as águas do Oceano Pacífico, que diminui a nebulosidade e precipitações durante uma de suas fases, e em sua fase negativa, *La Niña*, que gera o aumento dos volumes de precipitação no estado, dias mais nublados durante os períodos chuvosos, e amenização das temperaturas mínimas e máximas por conta na redução de incidência direta da radiação solar. (Nunes; Dias, 2019; IMESC, 2020).

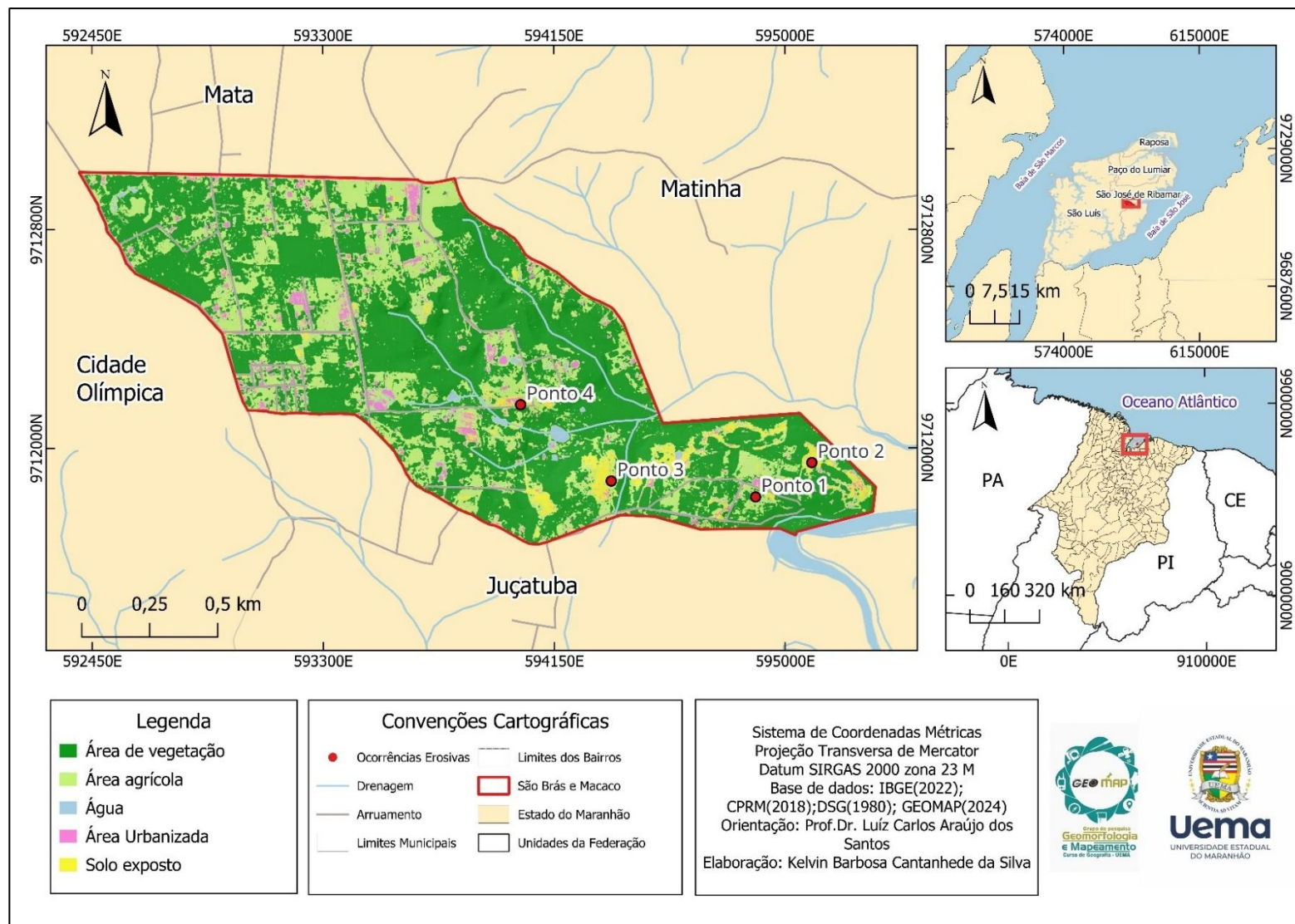
#### e)Uso e cobertura

A análise do uso e cobertura da terra é fundamental para a compreensão dos diferentes arranjos espaciais que configuram a paisagem, além de facilitar a compreensão de como os processos naturais e sociais se confluem no espaço. Ao se tratar de uma área onde há uma intensificação de atividades antrópicas, as informações apuradas permitem a identificação de possíveis pontos de pressão onde os impactos podem ser maiores.

Para além, um destes componentes é bastante significativo, a vegetação. As áreas desmatadas estão mais sujeitas a ação desagregadora da água e do vento, pois a vegetação tem o efeito de restrição do impacto das chuvas sobre o solo, servindo como uma proteção física para o transporte dos materiais (Mota, 1997).

Para a área de estudo foram estabelecidas 5 classes referentes ao uso e cobertura da terra de acordo com as orientações do Manual Técnico de uso da Terra (IBGE, 2013) tanto quanto os objetivos deste trabalho.

- Áreas de vegetação – áreas de vegetação densa em diferentes estágios, e áreas de mangue, que constituem áreas de proteção e conservação ambiental(figura 27);
- Áreas agrícolas – áreas utilizadas para atividades agropecuárias, destacando-se a cultura temporária da Mandioca, e áreas utilizadas para a criação de bovinos e caprinos em sistema extensivo(figura 28);
- Áreas urbanizadas – áreas construídas ou moradias consolidadas ou em processo inicial, loteamentos e áreas com outras finalidades econômicas.
- Água – corpos d’água como pequenos reservatórios artificiais, piscicultura e lagoas sazonais(figura 29);
- Solo Exposto – áreas onde o solo está sendo preparado para o cultivo, áreas de extração mineral irregular ou degradada(figura 30).



**Fonte:** Elaborado pelo autor.



**Tabela 4** - Classes de Uso e Cobertura da Terra do Bairro de São Brás e Macaco (2024)

Classes	Área (Km²)	Área (%)
Área de Vegetação	1,198	61,7
Área Agrícola	0,523	26,9
Área Urbanizada	0,089	4,6
Água	0,054	2,7
Solo Exposto	0,08	4,1
<b>Total:</b>	<b>1,944</b>	<b>100</b>

Fonte: Dados da Pesquisa

**Figura 27** - Área de Vegetação em São Brás e Macaco

Fonte: Acervo Pessoal



**Fonte:** Acervo pessoal

**Figura 29** - Reservatório Artificial



**Fonte:** Acervo Pessoal



**Figura 30** - Área de solo exposto em São Brás e Macaco



**Fonte:** Dados da Pesquisa

As imagens contextualizam melhor a dimensão de alterações na área de estudo, mais além, promove uma melhor correlação com as classes descritas no mapa anterior. Outra questão é mediante a localização das ocorrências erosivas em relação a distribuição das classes e as alterações antrópicas, a exemplo: O **Ponto 1**, esta relacionado a uma área de uso agrícola, sendo constada a remoção da vegetação original dando espaço para a criação de bovinos e área de pasto.

O **Ponto 2**, está situado em uma área de solo exposto, sendo constatada a remoção da vegetação e a atividade de extração irregular de laterita para uso doméstico. O **Ponto 3**, está localizado em um área de declive acentuado, sendo constatada a remoção da vegetação, está localizada cerca de 100 metros da residência mais próxima, servindo como área de descarte de resíduos sólidos.

O **ponto 4** está localizado a 28 metros das residências, sua origem está associada a compactação do solo em função da construção da via.

Adiante, a nossa análise quanto as ocorrências erosivas e suas características perante as características físicas do solo.

#### 4.2 Ocorrências Erosivas de São Brás e Macaco

Dentro dos limites do Bairro São Brás e Macaco foram identificadas as seguintes ocorrências erosivas (Figura 31): **Ponto 1** ( $2^{\circ}36'25.03''S$  -  $44^{\circ}8'45.88''O$ ); **Ponto 2** ( $2^{\circ}36'20.90''S$  -  $44^{\circ}8'40.30''O$ ); **Ponto 3** ( $2^{\circ}36'23.10''S$  -  $44^{\circ}9'4.20''O$ ) e **Ponto 4** ( $2^{\circ}36'14.00''S$  -  $44^{\circ}9'15.00''O$ ).

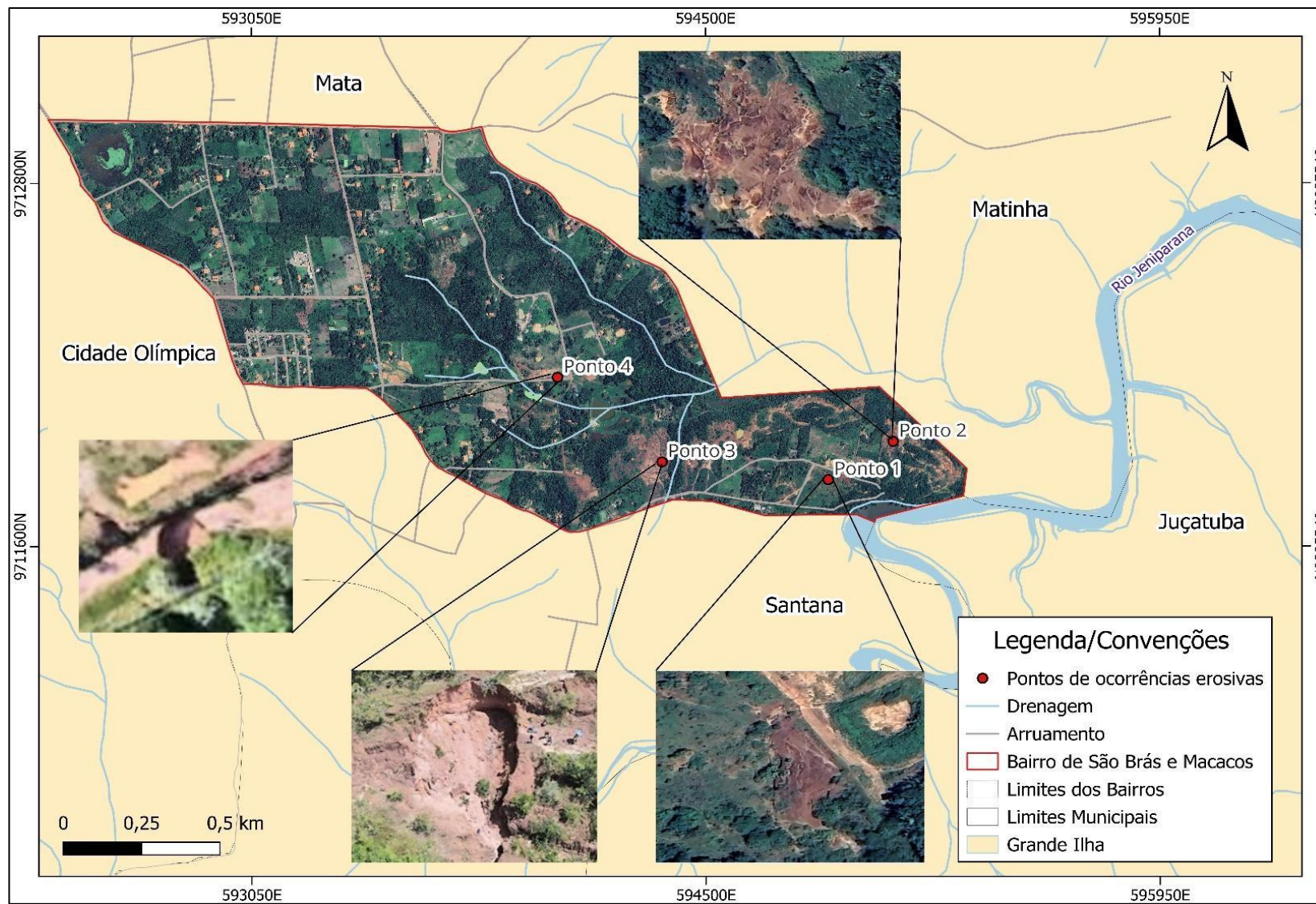
O **Ponto 1** (figura 32), encontra-se em uma área utilizada para a criação de bovinos, sua origem está na remoção da vegetação original e a prática de queimadas, expondo o solo a ação erosiva direta da chuva e ao escoamento superficial. Esta feição erosiva de caráter linear possui 4,30 m de largura; 28,70 metros de comprimento e 2,30 metros de profundidade, em seu interior há vegetação bem desenvolvida.

O **Ponto 2** (figura 33) possui 89,41 metros de comprimento, com 1,98 m de largura e 1,70 metros de profundidade. Essa feição erosiva ramificada, está associada a remoção de vegetação e áreas de extração mineral irregular para uso doméstico.

O **Ponto 3** (Figura 34) está situado em uma área de declive acentuado, próxima ao remanescente de vegetação original, servindo como área de descarte irregular de lixo, suas dimensões são 24,29 m de comprimento, 12,47 m de largura.

O **Ponto 4** (Figura 36), prejudica uma das vias de acesso a residências do bairro, sua gênese está no desmatamento e na própria construção da estrada que removeu parte do horizonte superficial, além da compactação do solo, promovida pelo maquinário empregado no local, e nos terrenos próximos.

**Figura 31** - Localização das Ocorrências erosivas em São Brás e Macaco



Fonte: Dados da Pesquisa



**Figura 32** - Ocorrência Erosiva do Ponto 1



**Fonte:** Acervo Pessoal.

**Figura 33** - Ocorrência erosiva do Ponto 2







**Fonte:** Acervo Pessoal

É importante destacar que as feições erosivas encontradas nos pontos analisados são voçorocas, segundo os critérios deste tipo de incisão, escolhidos e já abordados neste trabalho, sendo este processo de evolução da erosão e o surgimento da voçoroca descritos nas páginas 25 – 35 deste trabalho. ( Quadro 3 )

As atividades de campo possibilitaram a identificação de algumas subfeições muito específicas de cada erosão, essa identificação permite o entendimento quanto a gênese e o desenvolvimento de cada ocorrência e das relações entre os aspectos pedológicos, geomorfológicos e os tipos de intervenções antrópicas que contribuem de forma incipiente nos processos erosivos na área de estudo. As subfeições erosivas estão associadas aos principais mecanismos atuantes na formação e evolução de Ravinas e Voçorocas (Oliveira, 1999; Sousa, 2018).

**Quadro 3** - Classificação das voçorocas do Bairro São Brás e Macaco no município de São José de Ribamar – MA, conforme Oliveira (1989; 2015); Vieira (2008) e Bezerra (2024).

Fotografia	Pontos de Ocorrência erosiva	Gênese	Seção	Tipo	Forma
	Ponto 1	Remoção de Vegetação Nativa	U	Desconectada com a rede de drenagem	Retilínea
	Ponto 2	Remoção de Vegetação/ extração mineral	V	Desconectada da rede de drenagem	Ramificada
	Ponto 3	Desmatamento de encosta	U	Conectada com a rede de drenagem	Irregular
	Ponto 4	Desmatamento/ Construção de estrada	U	Desconectada da rede de drenagem	Retangular

**Fonte:** Oliveira (1989; 2015); Vieira (2008) e Bezerra (2024). Adaptado pelo autor.



As **Deimoiselles**, também chamadas de erosão em pedestal ( Figuras 37 e 38), surgem de processos diferenciados, essas feições se formam quando uma camada de solo erodível é protegida por um material mais resistente, seja por fragmentos de rochas, ou por materiais tecnogênicos, no caso da área de estudo, lateritas. A remoção do solo ao redor, devido a menor resistência deixa essas estruturas com a forma de coluna ou pedestal, através da análise deste tipo de feição é possível deduzir o volume de solo erodido com base na altura dos pedestais (Sousa, 2018).

**Figura 34** - Ocorrência erosiva do Ponto 3



**Fonte:** Acervo Pessoal

Estas feições são associadas a erosão diferencial, onde a chuva e o escoamento superficial atuam sobre o material menos consolidado, enquanto o material mais resistente no topo retarda a remoção e protege a coluna subjacente, é presente em solos arenosos ou com baixa coesão, mais susceptíveis a erosão (Guerra; Cunha, 2011).

É presente em áreas com pouca vegetação e alta exposição á chuvas intensas e ventos fortes favorecem o surgimento dessas feições. Sua presença indica que o solo possui camadas de diferentes níveis de resistência. (Soares; Barbosa, 2014). Isso pode estar relacionado à composição geológica, como camadas de argila, arenito ou laterita.

Os **filetes subverticais** (Figura 39) ocorrem com maior frequência em solos de textura arenosa ou com baixa coesão, onde a infiltração de água é limitada, contribuindo para o aumento do escoamento superficial. Esses filetes podem ser um estágio inicial no desenvolvimento de sulcos ou ravinas maiores, dependendo da intensidade das chuvas, da cobertura vegetal e das características do solo.

Esses filetes geralmente indicam o fluxo concentrado de água em terrenos inclinados, resultando na remoção de partículas de solo de forma mais acentuada em determinadas áreas. Esse tipo de feição ocorre principalmente em solos não coesivos, como aqueles com predominância de areia e silte, como no caso da área de nossa análise, se formam devido ao escoamento concentrado de água ao longo das paredes verticais ou quase verticais dessas erosões.

**Figura 35** - Descarte irregular de resíduos tecnogênicos no Ponto 3



**Fonte:** Acervo Pessoal

Os **movimentos de massa** ( Figura 40 )envolvem o deslocamento do solo e sedimentos devido a gravidade e são frequentemente intensificados por fatores como a saturação do solo por água, falta de vegetação e declividades acentuadas, no interior de feições erosivas indica que o solo está com baixa coesão, estando vulnerável ao seu deslocamento (Guerra; Silva; Botelho, 2007). Tal feição é potencializada pela ação da chuva, pela ausência de sistema radicular das plantas e pelas atividades humanas.



**As alcovas de regressão** (Figura 40 e 42) ocorrem em áreas onde o avanço da erosão age no sentido a oposto ao fluxo principal da água. Normalmente, elas se formam quando fluxos concentrados de água encontram solos que são mais vulneráveis ou menos resistentes à erosão, como os solos arenosos.

O resultado é uma "incisão" que vai se aprofundando e aumentando sua extensão com o tempo, especialmente em condições de chuvas intensas e frequentes. Nas voçorocas, as alcovas de regressão podem ser vistas como pequenas depressões ou reentrâncias que aparecem a cabeceira do processo erosivo. Elas também indicam o contínuo avanço do processo de degradação.

**Figura 36 - Ocorrência erosiva do Ponto 4**



**Figura:** Acervo Pessoal

**Os Sulcos** são as formas iniciais das erosões lineares, e possuem poucos centímetros de largura e profundidade, costumam ser rasos e estreitos, seu surgimento é limitado e temporário, sua presença nas feições erosivas indicam que o processo erosivo está ativo e em estágio evolutivo (Figura 43)

**Figura 37** - Detalhes da Deimoiselles no Ponto 2



Fonte: Acervo Pessoal.

**Figura 38** - Ocorrência erosiva do Ponto 2



Deimoiselles presentes na ocorrência erosiva do ponto 2

Fonte: Acervo Pessoal.



**Figura 39** - Alcova de regressão com presença de filetes subverticais no Ponto 4



**Fonte:** Acervo Pessoal

**Figura 40** - Movimento de massa na Ocorrência erosiva do Ponto 4



.....**Fonte:** Acervo Pessoal



**Figura 41** - Área de solo exposto com presença de Ravina no Ponto 1



**Fonte:** Acervo Pessoal

**Figura 42** - Alcova de regressão no Ponto 3



**Fonte:** Acervo Pessoal

**Figura 43** - Sulco encontrado no Ponto 2



**Fonte:** Acervo Pessoal

Maior que os Sulcos, as **Ravinas** (Figura 41), surgem devido ao escoamento superficial concentrado, apresentam uma rede de cortes profundos e bem delimitados no terreno e ocorrem geralmente em solos que apresentam baixa resistência como os arenosos, elas indicam a intensidade dos processos erosivos e a fragilidade do solo.

A análise das subfeições é essencial para a avaliação geoambiental, especialmente em áreas em crescente urbanização, como o bairro de São Brás e Macaco em São José de Ribamar – MA. Este diagnóstico permite o entendimento acerca dos processos que levaram a degradação do solo na área de análise e assim entender as relações com os fatores naturais como o clima, tipo de solo e a declividade e os fatores antrópicos como o desmatamento e o uso do solo na área de estudo (Guerra; Marçal, 2015).

Por este viés, em relação ao desenvolvimento de feições erosivas, autores como Blaikie *et al.*(1994), as relaciona com a degradação ambiental induzida por fatores socioeconômicos, como também a fragilização do solo por práticas agrícolas, ou atividades urbanas insustentáveis. Neste contexto, também há a exposição das populações mais vulneráveis aos perigos geomorfológicos e, podemos dizer que, as feições erosivas são a manifestação física de uma interação complexa entre o ambiente e a sociedade.

Também podemos conceber o surgimento dos processos erosivos como resultantes das alterações causadas pelas construções de vias e estradas que, segundo Montgomery (1994), como a própria drenagem superficial de estradas que leva ao início e desenvolvimento da erosão de canais (que podem se manifestar como sulcos e voçorocas), e demonstra como o fluxo de água concentrado e direcionado pelas superfícies de estradas (impermeabilizadas ou compactadas) pode aumentar drasticamente a energia erosiva, levando à iniciação de novos canais de escoamento e ao aprofundamento e alargamento de canais existentes.

Essa concentração de fluxo, que não ocorreria naturalmente na mesma intensidade, age como um "gatilho" para processos erosivos mais intensos. Os processos aqui citados, dialogam com as feições erosivas encontradas na área de estudo, e ajudam a explicar e até mesmo, a exemplificar sua ocorrência e desenvolvimento na área.

#### 4.3 Atributos físicos dos solos: Densidade do solo, Densidade de partículas, Porosidade e Granulometria.

##### a) Densidade do solo, Densidade de partículas e Porosidade

As análises das amostras indeformadas do solo permitiram a avaliação das propriedades físicas do solo referentes a densidade aparente do solo, a densidade de partículas e a porosidade do solo. Os valores encontrados podem variar de acordo com o estado do solo em dado momento da coleta das amostras, sendo influenciados pelo grau de compactação do solo elevado devido as atividades antrópicas constatadas nos pontos de coleta, a exemplo quanto ao tipo de uso. Estes valores também podem ser influenciados pela presença de matéria orgânica nos pontos analisados.

Os valores referentes a densidade aparente do solo dependem das dimensões e da disposição das partículas do solo, ou seja, este valor está associado à sua estrutura. Este valor indica o nível de degradação no qual o solo está submetido, indicando sua compactação, podendo aumentar com a profundidade do perfil, pelas pressões exercidas pelas camadas superiores (Kiehl, 1979).

Os valores de densidade do solo podem variar 1,3 a 1,7 g/cm<sup>3</sup> em solos Arenosos, valores acima desta faixa neste tipo de solo pode limitar o crescimento de raízes. Os solos do tipo Argiloso, tendem a ter densidades mais baixas, entre 1,1 e 1,5 g/cm<sup>3</sup>, sua estrutura mais fina favorece a retenção de água, porém esta característica pode favorecer a compactação se o mesmo não for manejado adequadamente.

Os solos francos, representam uma mistura entre areia, silte e argila, apresentam valores que variam entre 1,2 e 1,6 g/cm<sup>3</sup>, são solos considerados adequados para práticas agrícolas. Já solos orgânicos apresentam densidades abaixo de 1,0 g/cm<sup>3</sup>, pois a matéria orgânica melhora a estrutura do solo aumenta a porosidade e a capacidade de retenção de água.

Em relação aos valores considerados normais de densidade do solo, Reichert *et al.* (2003), destaca que podem ser considerados valores críticos de densidade do solo, os quais limitam o crescimento de plantas em solos argilosos 1,30 a 1,40 Mg/m<sup>3</sup>; em solos franco-argilosos 1,40 a 1,50 Mg/m<sup>3</sup> e em solos franco-arenosos 1,70 a 1,80 Mg/m<sup>3</sup>. Em

síntese, valores com densidade abaixo de 1,5 g/cm<sup>3</sup> são considerados ideais para a maioria das culturas (Reinert *et al.*, 2008).

Já a densidade de partículas corresponde a massa por unidade de volume de uma amostra seca, ou seja, a média da densidade de todas as partículas do solo, sem considerar os espaços porosos, este atributo independe da estrutura ou grau de compactação do solo, sendo unicamente o valor dos tipos de partículas que o compõe (Sousa, 2018).

A determinação da densidade de partículas é relevante para a determinação da composição mineralógica, cálculo de velocidade da sedimentação de partículas em líquidos e determinação indireta da porosidade (Forsythe, 1975).

A maioria dos valores de densidade de partículas encontrados em solos minerais apresenta valores entre 2,6 e 2,7 g/cm<sup>3</sup>, influenciados por minerais como o quartzo e presença de óxidos de ferro. Os solos com alto teor de matéria orgânica tendem a ter  $D_p$  abaixo de 2,6 g/cm<sup>3</sup>, pois a matéria orgânica é menos densa que os minerais, diminuindo o valor geral de  $D_p$ . Desvios significativos desta faixa podem indicar presença de minerais incomuns ou alto teor de matéria orgânica. (Ferreira, 2010).

A porosidade do solo, nada mais é que a determinação da quantidade do volume dos espaços vazios ou não ocupados do solo, sendo expressa em porcentagem. Este valor é determinado pela relação entre densidade aparente do solo e a densidade de partículas do solo. Este atributo é importante para a avaliação da capacidade de retenção de água pelo solo, quanto também a aeração.

Os solos arenosos apresentam valores de porcentagem entre 35 e 45%, devido a maior quantidade de partículas grandes e espaços maiores entre elas. Solos argilosos apresentam valores de porosidade entre 40 e 50%, isso ocorre devido as dimensões de suas partículas, pois partículas pequenas tendem a se compactar mais. Já os solos siltosos apresentam porcentagens entre 40 e 55%, devido a mistura de características de solo argiloso e arenoso.

Foram obtidas 16 amostras indeformadas de solo, com a utilização do anel volumétrico de bordas cortantes, estas foram submetidas a análise de densidade do solo, densidade de partículas e porosidade do solo.



Ao avaliar os conjuntos de dados obtidos referentes aos 4 pontos de coleta, constatou-se uma variação de densidade aparente do solo entre **1,38 e 1,90 g/cm<sup>3</sup>** nos pontos analisados, sendo que, os maiores valores de densidade do solo foram encontrados no Ponto 4 e os menores valores foram encontrados no Ponto 1. Os valores elevados de densidade aparente do solo estão em conformidade com os tipos de solos mais argilosos e compactados, já solos com densidade mais baixa tendem a ser mais arenosos (Kirby; Morgan, 1981).

Em relação a densidade de partículas, foram obtidas as variações entre **2,35 e 2,85 g/cm<sup>3</sup>** nos pontos. O Ponto 4 apresenta os maiores valores referentes a densidade de partículas, sendo os menores valores de densidade de partículas o Ponto 2. Os solos que apresentam valores mais altos de densidade de partículas indicam a presença de minerais mais pesados, enquanto valores mais baixos podem estar associados à solos com presença de matéria orgânica.

Os valores que concernem a porosidade apresentaram variações entre **28,51 e 60,7 %**, de todos os pontos analisados, o menor valor de porosidade total foi encontrada no Ponto 1, como também o maior valor.

Os dados referentes a densidade do solo, densidade de partículas e porosidade obtidos a partir das amostras evidenciam uma relação diferenciada em cada ponto de coleta com a retirada da cobertura vegetal, a fragilidade natural do solo e os processos de degradação decorrentes das atividades antrópicas.

Nos chama a atenção a baixa porosidade encontrada nas amostras superficiais em cada ponto de coleta. A porosidade é responsável pela retenção de água no solo. Keihl (1979), destaca que para que um solo tenha condições adequadas de permeabilidade, as taxas de porosidade devem variar entre 40 e 60%. Algo distante das médias obtidas nas amostras (Tabela 5).

**Tabela 5** - Análise dos atributos físicos do solo.

Pontos coletados	Amostras	Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade de partículas (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidade total (%)
<b>Ponto 1</b>	A1	1,69	2,35	28,51
	A2	1,63	2,50	34,80
	A3	1,62	2,56	36,71
	A4	1,61	2,80	60,70
<b>Ponto 2</b>	A1	1,62	2,50	35,60
	A2	1,38	2,35	41,70
	A3	1,53	2,60	42,85
	A4	1,51	2,50	40,00
<b>Ponto 3</b>	A1	1,65	2,70	39,25
	A2	1, 65	2,66	43,98
	A3	1,50	2,66	44,36
	A4	1,49	2,59	43,24
<b>Ponto 4</b>	A1	1,70	2,56	33,98
	A2	1, 66	2,56	35,15
	A3	1, 73	2,85	39,29
	A4	1,90	2,85	33,68

**Fonte:** Dados da pesquisa

Guerra; Silva; Botelho (2007., p. 108 a 110), destacam que o fator de intercomunicabilidade entre os poros, entre as diferentes texturas em solos com descontinuidades texturais e estruturais abruptas, ou seja, solos superficiais arenosos e horizontes subsuperficiais argilosos, acarreta uma redução na velocidade de infiltração da água no solo, provocando um abrupto encharcamento no horizonte superficial, dado a porosidade mais fina dos horizontes subsuperficiais. O que pode justificar a diversidade de subfeições encontradas no interior das ocorrências erosivas de São Brás e Macacos.

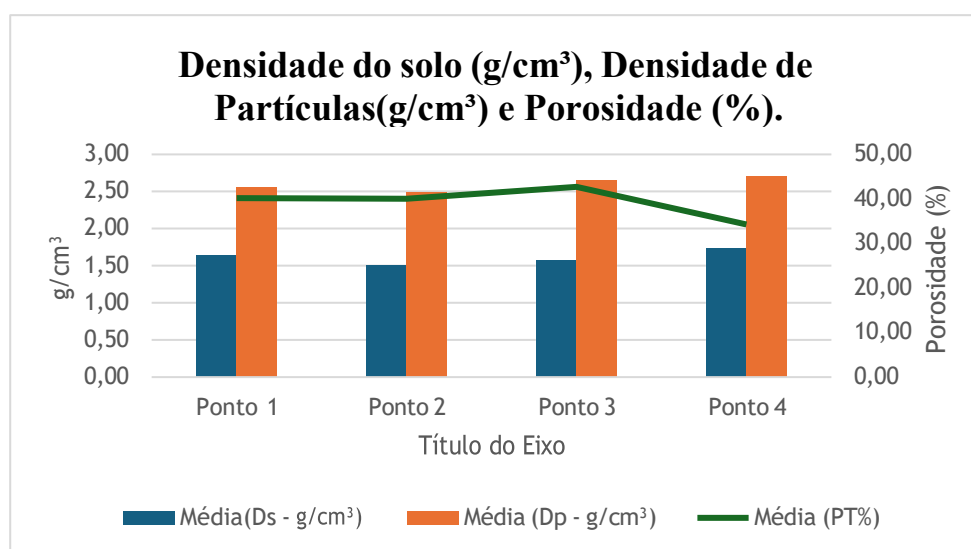
De forma geral, os resultados obtidos refletem as características dos horizontes superficiais dos solos analisados, que apresentam porosidade variável entre suas camadas. Essa variação, somada ao desmatamento, à degradação e à fragilidade natural dos solos, resulta em alto grau de erosividade da porção superior e, em decorrência a porosidade reduzida dos horizontes subsuperficiais o surgimento dos processos erosivos já descritos. Nesse contexto, quanto maior a compactação em cada horizonte, menor será o espaço poroso existente entre as partículas que o compõem, intensificando sua suscetibilidade à erosão.

**Tabela 6** - Médias de densidade aparente do solo, densidade de partículas e porosidade total.

Pontos Coletados	Média de densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	Média de densidade de partículas(g/cm <sup>3</sup> )	Média da Porosidade Total (%)
Ponto 1	1,64	2,55	40,18
Ponto 2	1,51	2,49	40,04
Ponto 3	1,57	2,65	42,71
Ponto 4	1,74	2,71	34,27

Fonte: Dados da Pesquisa

**Gráfico 1** – Densidade do solo (g/cm<sup>3</sup>), Densidade de Partículas(g/cm<sup>3</sup>) e Porosidade



Fonte: Dados da pesquisa

## b) Granulometria

A granulometria reflete a distribuição e o tamanho das partículas que compõem o solo, como areia, silte e argila. Essa característica influencia diretamente as propriedades físicas do solo, incluindo sua textura, porosidade, capacidade de retenção de água e infiltração. Em estudos de solos, compreender a granulometria é essencial para avaliar sua suscetibilidade à erosão, sua aptidão para as práticas agrícolas e demais atividades relacionadas ao uso do solo.

O Diagrama textural é uma forma de visualização das proporções de areia, silte e argila, uma ferramenta que facilita a classificação dos solos por meio das porcentagens destas partículas. Por outro lado, a granulometria pode ser apresentada por meio de gráficos ou tabelas que mostram a distribuição do tamanho das partículas. Normalmente, usa-se curvas granulométricas ou histograma para essa finalidade, destacando a fração de partículas que se enquadram em diferentes categorias de tamanho (EMBRAPA, 2011).

Diante do exposto, enquanto a granulometria analisa os tamanhos das partículas, o triângulo textural interpreta como essas proporções impactam as propriedades físicas do solo. As análises possibilitaram a percepção de que há significativa concentração das texturas **Areia Franca** e **Franco Argiloso Arenoso**.

**Tabela 7-** Análise granulométrica dos pontos de ocorrência erosiva em SBM

Pontos Coletados	Amostras	Teor de Areia (%)	Teor de Argila (%)	Teor de Silte (%)	Classe Textural do Solo.
<b>PONTO 1</b>	<b>A1</b>	74,90	4,0	21,10	<b>Areia Franca</b>
	<b>A2</b>	88,85	9,0	2,15	<b>Areia Franca</b>
	<b>A3</b>	76,40	15,0	8,60	<b>Franco Arenoso</b>
<b>PONTO 2</b>	<b>A1</b>	82,10	12,0	5,90	<b>Areia Franca</b>
	<b>A2</b>	89,05	9,0	1,95	<b>Areia Franca</b>
	<b>A3</b>	89,00	9,0	2,00	<b>Areia Franca</b>
<b>PONTO 3</b>	<b>A1</b>	56,70	29,0	14,30	<b>Franco Argiloso Arenosa</b>
	<b>A2</b>	62,30	24,0	13,70	<b>Franco Argiloso Arenosa</b>
	<b>A3</b>	61,85	25,0	13,15	<b>Franco Argiloso Arenosa</b>
<b>PONTO 4</b>	<b>A1</b>	57,25	27,0	15,75	<b>Franco Argiloso Arenosa</b>
	<b>A2</b>	58,65	32,0	9,35	<b>Franco Argiloso Arenosa</b>
	<b>A3</b>	89,00	9,0	2,00	<b>Areia Franca</b>

**Fonte:** Dados da Pesquisa

Solos com textura Areia Franca apresentam boa drenagem, devido a predominância de partículas maiores, permitindo uma rápida infiltração da água, o que também pode conferir uma baixa retenção de água e nutrientes, neste último caso, pouca capacidade de retenção de nutrientes, exigindo necessidade de práticas de manejo mais elaboradas.

Os solos de textura franco argiloso arenoso apresentam características intermediárias entre solos arenosos e argilosos, possuem boa capacidade de retenção de água, sendo amplamente utilizados para o cultivo de hortaliças devido ao equilíbrio entre drenagem e nutrientes (Oliveira, 2011; Lemos; Santos, 2015; Centeno *et al.*, 2017.)

As características granulométricas do Ponto 1, mostram os percentuais de granulometria de **74,90 a 88,85 %** de teor de areia para as amostras obtidas entre 10 a 15 cm de profundidade; entre **4,0 e 15%** de teor de argila; **2,15 a 21,10 %** de teores de silte indicando a textura Areia Franca. Solos de textura mais arenosa apresentam permeabilidade acima do desejado para a maioria das culturas, permitindo a lavagem do solo, isto sendo empregado á lixiviação do solo, um termo associado à perda de nutrientes (Brady, 1989).

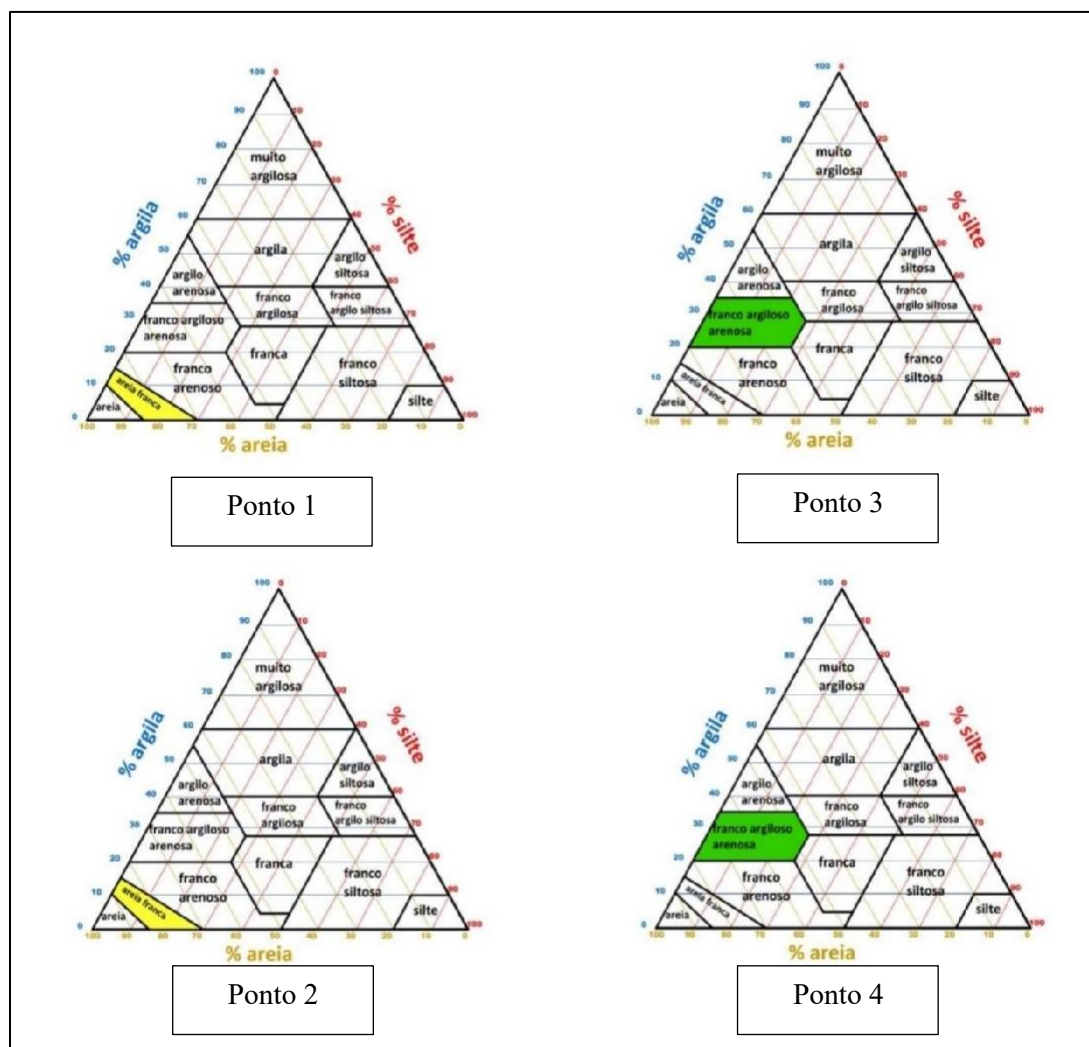
Para o Ponto 2, os percentuais granulométricos obtidos entre 10 e 15 cm de profundidade, são de **82,0 a 89,05%** para os teores de areia; entre **1,95 e 2,00%** para silte; entre **9,00 e 12,0%** para os percentuais de argila, indicando a textura Areia Franca. Os percentuais encontrados nas amostras obtidas em 10 e 15 cm de profundidade, do Ponto 3 mostraram **56,70 e 62,30%** para os teores de Areia; de **24,00 a 29,00%** para teores de argila; de 14,30 a 13,70% para os teores de silte, indicando a textura Franco Argiloso Arenoso.

Já para o Ponto 4, as amostras indicaram os percentuais médios entre **57,25 a 89,00%** para areia; entre **9,00 a 32,00%** para os teores de argila; **2,00 e 15,75%** para os teores de silte, em tendência para a textura Franco Argiloso Arenoso. Brady (1989), destaca que os solos do tipo argilosos retêm água com mais intensidade que solos siltosos ou arenosos.

O emprego de triângulos texturais permite obter uma estimativa indireta dos diversos fatores inerentes a dinâmica do solo como: a dinâmica hídrica, a resistência do solo á tração, o grau de compactação do solo, troca de cátions, a adequada dosagem de nutrientes para a adubação e a aplicação de herbicidas. A textura do solo não é mutável, pois somente altera-se quando há a mistura de solos com diferentes texturas, desta forma é possível uma mudança de classe (Centeno *et al.*, 2017).

Dada as texturas predominantes nas análises, podemos destacar algumas especificidades de cada textura em conformidade com as análises de Centeno *et al.*(2017), que aponta que solos de textura arenosa apresentam déficits de fósforo e matéria orgânica, pois são solos com alta permeabilidade, baixa capacidade de retenção de água, baixa retenção de matéria orgânica e baixa absorção de íons. Já os solos de textura franca, com distribuição proporcional de teores de areia, silte e argila, possuem boa retenção de água e índices médios de erodibilidade.

**Figura 44** - Triângulos texturais dos pontos analisados.



**Fonte:** Portal IFSC(2024), Adaptado pelo autor.

#### 4.4 Infiltração do solo

A infiltração é um processo. Essa propriedade é também chamada de *infiltrabilidade* ou *capacidade de infiltração*. Associa-se a outra propriedade conhecida como sorptividade<sup>10</sup>. Segundo Andrade e Stone (2007), essa propriedade é um indicativo da facilidade em que a água se move através do perfil do solo sobre condições de insaturação, influenciando a recarga de aquíferos e a disponibilidade hídrica para as plantas.

A infiltração ocorre somente quando há água sendo ofertada à superfície do solo, seja por chuva ou irrigação. Ela pode acontecer na mesma velocidade em que a água é fornecida (“limitada pela fonte”), se esta quantidade fornecida superar a capacidade do solo, ocorre o acúmulo superficial, desencadeando posteriormente o escoamento superficial (de Jong van Lier, 2020).

Outros fatores que controlam o processo de infiltração, segundo Brady (1989); Reichard; Tim (2012), são de carácter gravitacional, no caso da infiltração vertical em solos comum em solos saturados; E de carácter capilar, comum em solos não saturados, que correspondem as forças de adesão e coesão.

Em relação a erosão, quando o solo se encontra saturado, inicia-se o escoamento superficial com relativa velocidade em proporção a umidade antecedente. Mais não está descartada o surgimento de processos erosivos quando o solo não apresenta relativa umidade, predominando outros condicionantes. No período da realização dos testes, que corresponderam os meados do mês de julho do ano de 2024, ou seja, no início do período seco na área de estudo.

O teste de infiltração do **Ponto 1** (Gráfico 2), apresentou-se de maneira contínua, sendo necessário recargas de água no infiltrômetro aos 7, 17 e 18 minutos para completar o procedimento conforme proposto por Guerra (2011), e assim completar o período de 30 minutos. O solo encontrava-se com presença de matéria orgânica e rochas. Durante a execução do teste, notou-se uma diminuição progressiva da altura da lâmina d’água na régua, chegando a 1,9 cm por minuto. O volume total

---

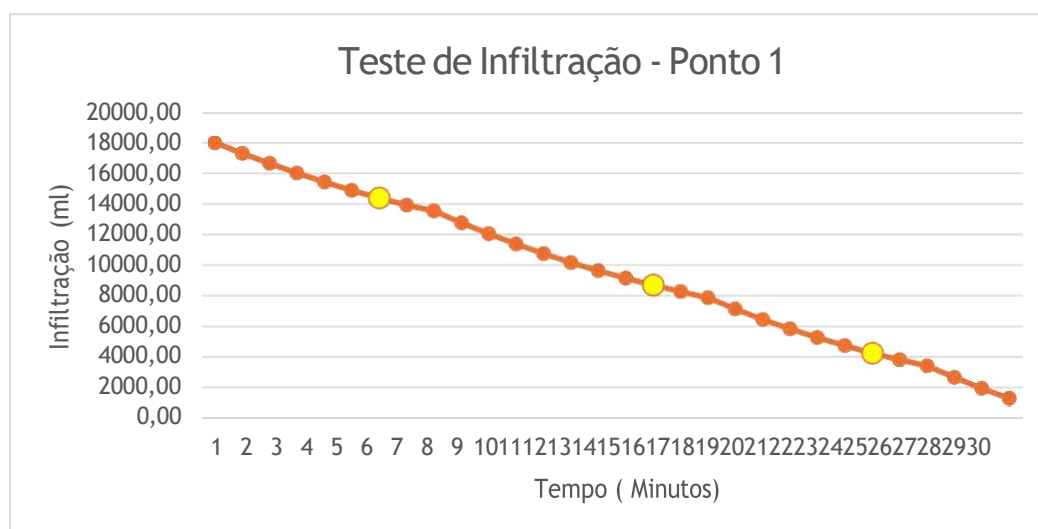
<sup>10</sup> A *sorptibilidade* é uma propriedade física do solo que mede a capacidade de um material, como o solo de absorver ou reter líquidos como a água. Essa característica é fundamental para entender o comportamento da infiltração de água no solo, especialmente em processos como irrigação, drenagem e conservação do solo.



infiltrado foi de 18649,65 ml, baseado neste dado, a taxa de infiltração no tempo de 30 minutos foi de 621,65 ml por minuto.

A presença de matéria orgânica no solo (Ponto 1), é sabidamente um fator que melhora a estrutura do solo, e consequentemente, a infiltração, conforme amplamente discutido por autores como Alves; Suzuki e Suzuki (2007), que associam a densidade do solo e a infiltração como indicadores de qualidade física do solo.

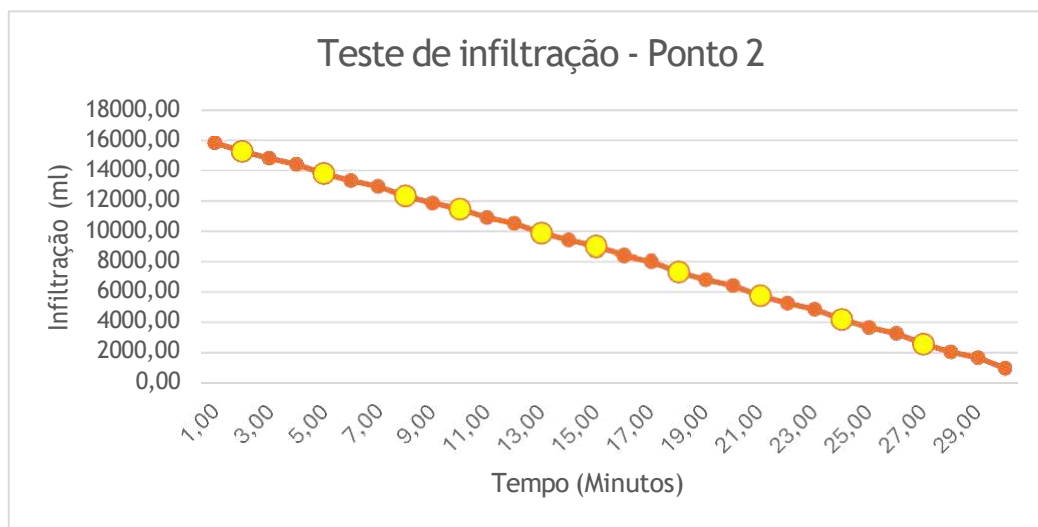
**Gráfico 2** – Teste de infiltração no Ponto 1.



Destacados em amarelo os pontos de recarga de água no infiltrômetro.

**Fonte:** Dados da Pesquisa

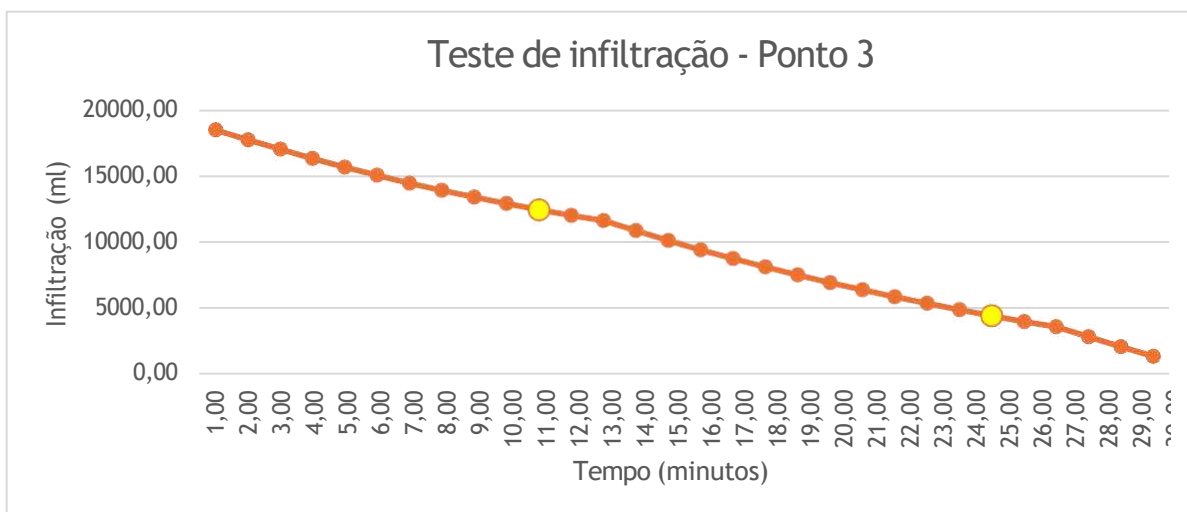
O teste de infiltração no **ponto 2** (Gráfico 3), mostrou-se de maneira acelerada, sendo necessário 11 recargas de água no infiltrômetro para completar o teste durante o tempo de 30 minutos, conforme Guerra(2011). O teste foi realizado a uma distância de 50 cm da borda da feição erosiva em condições de solo exposto. Durante a realização do teste notou-se rápida diminuição da altura da lâmina d'água na régua, chegando a 4,5 cm por minuto, indicando que há maior facilidade de infiltração de água no solo no ponto analisado. As recargas foram realizadas aos 2, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 21, 24, e 27 minutos, o volume total infiltrado foi de 16430,05 ml, com uma taxa de 547,66 ml no tempo de 30 minutos.

**Gráfico 3 – Teste de infiltração no Ponto 2**

Destacados em amarelo, os pontos de recarga de água no infiltrômetro

Fonte: Dados da pesquisa

O resultado do teste de infiltração realizado no **Ponto 3** (Gráfico 4), mostrou-se contínuo, sendo necessário a realização de apenas 2 recargas no infiltrômetro para completar os 30 minutos conforme Guerra(2011), aos 11 e 25 minutos. De acordo com a técnica aplicada, foi possível identificar que a altura da lâmina d'água diminuía continuamente, chegando a 1 cm por minuto. O teste foi realizado em uma porção a borda da voçoroca a uma distância de 1,30 metros, o solo continha presença de gramíneas e rochas. O total infiltrado foi de 19240 ml e baseado neste dado a taxa de infiltração no tempo de 30 minutos neste ponto foi de 641,3 ml.

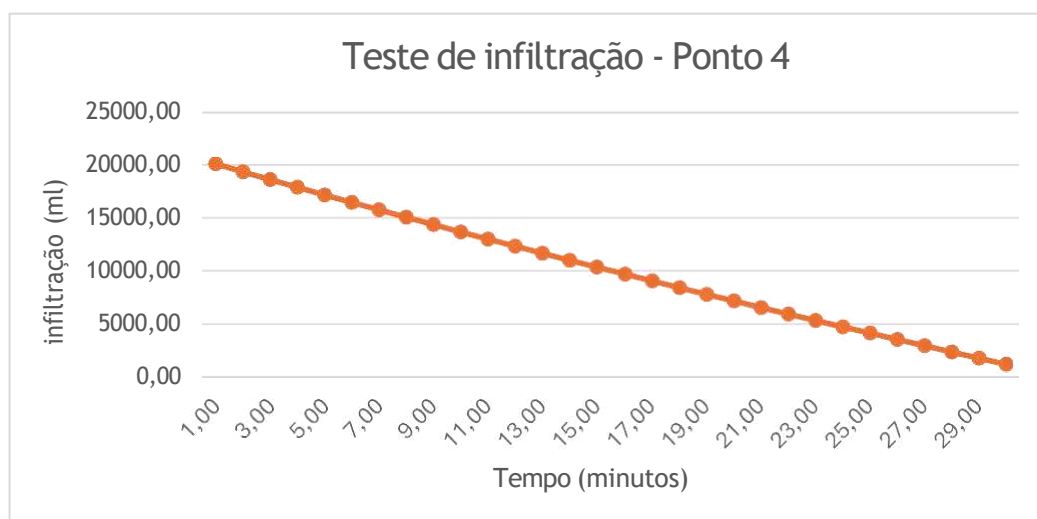
**Gráfico 4 – Teste de infiltração no Ponto 3**

Destacados em amarelo, os pontos de recarga no infiltrômetro.

Fonte: Dados da Pesquisa

O teste de infiltração realizado no **Ponto 4** ( Gráfico 5) se mostrou contínuo, não necessitando de recarga para completar o tempo total de 30 minutos como proposto por Guerra(2011). De acordo com a técnica foi possível perceber que a altura da lâmina d'água na régua diminuía de maneira relativamente lenta, chegando a 1 cm por minuto. O volume total infiltrado foi de 20755,40 ml, baseado neste dado a taxa de infiltração no tempo de 30 minutos foi de 691,9 ml. O teste foi realizado a 1 metro de distância da borda da feição erosiva, que se encontrava cortando a estrada, as condições apresentaram solo com elevado grau de compactação.

**Gráfico 5** – Teste de infiltração do Ponto 4



**Fonte:** Dados da Pesquisa.

Os resultados dos testes indicam uma variabilidade das taxas de infiltração entre os pontos (Ponto 1: 621,65 ml/min; Ponto 2: 547,66 ml/min; Ponto 3: 641,3 ml/min; Ponto 4: 691,9 ml/min), reflete as diferentes condições do solo. O Ponto 2, com solo exposto e “acelerada” diminuição da lâmina d'água, indica um solo com menor resistência a infiltração, mais potencialmente susceptível a erosão superficial, especialmente se a oferta de água for alta. Em contraste, o Ponto 4, com solo compactado e infiltração contínua e sem necessidade de recarga durante o teste, sugere uma infiltração estável, podendo ser limitante em eventos de chuva intensa, levando ao escoamento superficial.

Em uma breve comparação com os estudos de Scopel et al.(2013),ao analisar solos arenosos no cerrado com altas taxas de infiltração, nos alertam para o alto risco de processos erosivos mesmo em terrenos com baixas declividades(caso do local onde está a ocorrência), devido a baixa agregação e teores de matéria orgânica, o que reforça a complexidade de se interpretar as taxas de infiltração isoladamente sem considerar a susceptibilidade do solo a erosão.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através do levantamento bibliográfico, da produção de mapas e dos trabalhos de campo, foi possível obter um entendimento mais aprofundado das características da área de estudo. Essa abordagem também revelou a intrínseca relação entre os aspectos geomorfológicos e pedológicos do local e os processos erosivos ali presentes. Consequentemente, houve uma percepção mais clara dos problemas de degradação ambiental e das consequências diretas das atividades antrópicas nos bairros de São Brás e Macaco, no município de São José de Ribamar – MA.

Por meio da análise de imagens orbitais, foram identificados 4 pontos de ocorrência erosiva. Essa abordagem facilitou o direcionamento das inspeções *in loco* e a execução dos trabalhos de campo, como a coleta de amostras de solo, o registro fotográfico dos pontos e seus arredores, e a realização de testes de infiltração. Todos esses dados foram cruciais para a caracterização das voçorocas e para a coleta de informações relevantes sobre os aspectos pedológicos do bairro de São Brás e Macaco, abrindo a possibilidade de estender o estudo para uma análise mais aprofundada da área e seu entorno, incluindo a identificação de outras ocorrências erosivas ali presentes.

As características do relevo da área de estudo contribuem para o surgimento de ocorrências erosivas, uma vez que facilitam o escoamento superficial, sobretudo quando o solo se encontra exposto. A essas condições somam-se as atividades antrópicas, com a remoção da vegetação nativa despontando como a mais impactante. Além disso, foram identificadas outras práticas na área, tais como a mineração irregular de laterita para uso doméstico, as construções de vias que compactam o solo, a expansão de novas áreas de ocupação, o descarte inadequado de resíduos sólidos, a pecuária e a prática de queimadas, que empobrece o solo e altera suas características originais, e o deixa desprotegido e altamente suscetível aos processos erosivos.

Os processos erosivos na Ilha do Maranhão e em outras porções do estado têm se manifestado de formas mais progressivas e persistentes. Tal cenário decorre, primariamente da remoção frequente da vegetação, como também da expansão urbana acelerada. Nas áreas de ocupação recente, incluindo a área de análise em questão e outras regiões da ilha, esses fenômenos permanecem ativos, ocasionando impactos ambientais e representando riscos à população local.

No que concerne à análise do espaço periurbano, faz-se imperativo que esta seja conduzida, em primeiro lugar, sob a perspectiva das atividades locais e da escala das relações econômicas nos âmbitos estadual e nacional. Adicionalmente, as peculiaridades do contexto latino-americano não podem ser desconsideradas. Tal complexidade demanda um exame mais aprofundado das relações intrínsecas presentes no histórico de ocupação e desenvolvimento que caracterizam esses espaços.

Nesse cenário, o bairro de São Brás e Macaco, concebido como um espaço periurbano localizado entre dois municípios da Ilha do Maranhão, assumem um papel de relevância singular para a economia e para o meio ambiente. Economicamente, essa área contribui significativamente para a diversificação das atividades comerciais e de serviços. Além de seu caráter agropecuário e pesqueiro, atua como área de expansão urbana e industrial, o que é evidenciado pela instalação de empreendimentos atraídos pelo baixo custo dos terrenos. No entanto, do ponto de vista ambiental, impactos significativos são observados.

A ocupação e expansão desordenada gera a degradação de áreas que, conforme o ordenamento territorial municipal da Prefeitura de São José de Ribamar, são consideradas sensíveis para a captação de recursos hídricos. Os impactos decorrentes do desmatamento, da poluição causada pelo descarte de esgoto doméstico sem tratamento e da ausência de coleta de resíduos sólidos na região, resultam na perda de biodiversidade, no desencadeamento de processos erosivos e na degradação das reservas hídricas potenciais.

A atenção dos órgãos competentes deve voltar-se para a manutenção da capacidade deste e de outros locais em preservar os serviços ecossistêmicos, como a regulação climática e a qualidade do ar, proporcionados por essas áreas. Diante do exposto, é pertinente que haja uma intensificação das medidas adotadas pelos órgãos municipais, incluindo, obrigatoriamente, o envolvimento da comunidade.

Essa abordagem visa despertar a consciência ambiental coletiva, que é fundamental em situações como esta, onde os desafios logísticos para os órgãos fiscalizadores evidenciam a necessidade ainda maior dessa parceria.

Este trabalho representa um estudo inicial para futuras análises relacionadas ao monitoramento de ocorrências erosivas. Nosso objetivo é avançar em direção a um diagnóstico mais aprofundado dos aspectos pedológicos da área de estudo, visando fornecer dados cruciais que possam subsidiar o planejamento de medidas de contenção contra processos erosivos e degradação ambiental. Além disso, a pesquisa busca auxiliar as práticas agrícolas na região, beneficiando a população local e promovendo uma atuação integrada com os atores envolvidos.

## REFERÊNCIAS:

ANDRADE, L. A.; BEZERRA, J. F. R.; MORAIS, M. S.; LISBOA, G. S.; Pinto, E. J. G.; Matos, M. V. C. **Análise geomorfológica e processos erosivos acelerados na bacia hidrográfica do rio Tibiri, Ilha do Maranhão.** Revista Formação (Online), v. 29, n. 54, p. 593-618, 2022.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Uso do índice S na determinação da condutividade hidráulica não-saturada de solos do Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 376-381, 2009.

ALMEIDA, H. G. (Org.) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.** São Luís SW/NW, Folhas SA.23-V e SA.23-Y. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000.

ALMEIDA, L. Q. de. - **POR UMA CIÊNCIA DOS RISCOS E VULNERABILIDADES NA GEOGRAFIA** - Mercator, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83-99, set./dez. 2011. ISSN 1984-2201 © 2002, Universidade Federal do Ceará. Todos os direitos reservados

ALVES, C. F; PIORVERSAN, E. K.; CARVALHO, M. A.; FAUTH, G. **MICROPALEONTOLOGIA: PERSPECTIVAS E APLICAÇÕES** . In: ANAIS DO XXVL CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 2019, Uberlândia. Anais eletrônicos..., Galoá, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbp-2019/trabalhos/micropaleontologia-perspectivas-e-aplicacoes?lang=pt-br>> Acesso em: 28 Dez. 2024.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 617-625, 2007.

ANDRADE, Aparecido Ribeiro de; SCHMIDT, Lisandro Pezzi. **Metodologias de Pesquisa em Geografia.** Unicentro, [s.d.]. Disponível em: <http://repositorio.unicentro.br:8080/jspui/bitstream/123456789/929/5/Metodologias%20de%20pesquisa%20em%20Geografia.pdf>



ARAÚJO, R. R. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA)**. 2014. 289 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Difel, 1996.

BARBOSA, Amanda Fernandes; OLIVEIRA, Everton Falcão; MIOTO, Camila Leonardo; FILHO PARANHOS, Antônio Conceição. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em Softwares Livres e Gratuitos. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 38, n.1, p. 170-179, 2015. Disponível: < <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/5823/5332>

BARRETO, A. G. de O. P.; LINO, J. S.; SPAROVEK, G.. **Bibliometria da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo: instituições, temas, espaço e cronologia**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. no/dez. 2009, n. 6, 2009Tradução. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832009000600033>. Acesso em: 07 de junho de 2024.

BARROS, Wadrian de Sousa Santos. **Análise morfográfica do relevo da bacia hidrográfica do Jeniparana, Ilha do Maranhão**. Relatório de pesquisa de iniciação científica. Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís, 2024.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5ª Ed. Editora Ícone, São Paulo. 2005. 355p.

BEZERRA, J. F. R. **Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia de solos na bacia do rio Bacanga**, São Luís, Maranhão. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011

BEZERRA, José Fernando Rodrigues; GUERRA, Antônio José Teixeira; FULLEN, Mike. **GRANULOMETRIA POR DIFRAÇÃO A LASER DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS NAS ÁREAS DEGRADADAS POR VOÇOROCAMENTOS NA BACIA DO RIO BACANGA**. APOIO FINANCEIRO-EDITAL APUB 6435-2016, p. 13, 2016.

BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.

BLAKE, G. R.; HARTAGE, K. H. BULK. density. In: Klute, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. Part 1. American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375.

BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. London: Routledge, 1994.

BRASIL. Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. [BRASIL, 2012]. Acesso em 14 de Dezembro de 2024. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Legislacao/Lei%2012.608%20-%20Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Defesa%20Civil.pdf>

BRIZZI, R. R.; SOUZA, A. P. de; COSTA, A. J. S. T. da; **Relação entre a infiltração da água nos solos e a estabilidade dos agregados em sistemas de manejos diferentes na bacia hidrográfica do rio São Romão – Nova Friburgo / RJ - REVISTA CAMINHOS DE GEOGRAFIA**  
<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/> ISSN 1678-6343 DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG196720>

BURNETT, F. L. **Da cidade unitária à metrópole fragmentada: crítica a constituição da São Luís moderna**. In: LIMA, Antônia Jesuíta de. (Org.). *Cidades brasileiras: atores, processos e gestão pública*. Belo Horizonte: Autêntica, 2007

BIDOU, C. **Banlieues et citoyenneté: les nouvelles fonctions résidentielles de l'espace périurbain**. Les Annales de la Recherche Urbaine, Paris, v. 15, p. 56-71, 1982.

CAIADO, A. S. C; SANTOS, S. M. M. dos. **Fim da dicotomia rural-urbano? Um olhar sobre os processos socioespaciais**. São Paulo em perspectiva, v. 17, p. 115-124, 2003.

CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Org.). **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Brasília: FINATEC, 2006.

CALDEIRA, T. PR. **Peripheral urbaniza íon: Autoconstruction, transversal logics, and politics in cities of the global south.** Environment and Planning D: Society and Space, v. 35, n. 1, p. 3-20, 2017.

CAMPOS, A. A. C. **Condicionantes dos processos erosivos na área urbana de Buriticupu – MA: o caso da voçoroca do bairro Santos Dumont** – São Luís, 2019. 106 f Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço. Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

CENTENO, L.N.; GUEVARA, M.D.F.; CECCONELLO, S.T.; SOUSA, R.O.D.; TIMM, L.C. **Textura dos solos: conceitos e aplicações em solos arenosos.** In: Timm, L. Textura Do Solo: Conceitos e Aplicações Em Solos Arenosos. Revista Brasileira De Engenharia e Sustentabilidade. ISSN 2448-1661 Pelotas, RS, UFPel-Ceng <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/> index v.4, n.1, p. 31-37, jul. 2017

CHISTOFOLETT A. **Geomorfologia** – 2º ed. - São Paulo: Edgard Blucher, 1980. ISBN 85-212-0130-3

CUNHA, C. M. L. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária.** Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 1997.

CUNHA, M. C. da; Thomaz, E. L.; Vestena, L. R. **Medidas de controle de erosão em estradas rurais na bacia do rio das pedras, Guarapuava-PR** - Soc. & Nat., Uberlândia, 25 (1): 107-118, jan/abr/2013

CASTREE, N.; KITCHIN, R.; ROGERS, A. **A dictionary of human geography.** 1st ed. Oxford: Oxford University Press, c2013. 581 p.

CZIZEWESKI, Anthea. **Correntes de Marés no Golfão Maranhense, Brasil** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis -SC. 2019. 77p.

DAVOUDI, S.; STEAD, D. **Urban-rural relationships: an introduction and a brief history**. Built Environment, Marcham: Alexandrine Press, v. 28, n. 4, p. 268-277, Jan. 2002.

DINIZ, L. de O. **Impacto Social da Segregação Urbana e as Dificuldades de Mobilidade na Ilha de São Luís**. UFMA, São Luís – MA, 2022.

DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 101 p.

EMBRAPA - **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos?link=sibcs> Acesso: 23/07/2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2º ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 2011. 212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

EZEKWE I. C., TOTTI, U. A. E. and WEKPE V. O.: **Gully Morphometry and Morphology in the Iyi-Ukwu Basin, South-East, Nigeria** - Scientia Africana, Vol. 13 (No.2), December 2014. Pp251-265 © College of Natural and Applied Sciences, University of Port Harcourt, Printed in Nigeria ISSN 1118 - 1931

FENDRICH, R. [et al.]. **Drenagem e controle da erosão urbana** – 4. ed. – Curitiba: Champagnat, 1997. 486 p.: il.; 23 cm. ISBN 85-7292-027-7

FERREIRA, C. C.; SIMÕES, N.N. **Evolução do Pensamento Geográfico** – 9 ed. – Gradiva publicações – Portugal, novembro de 1994. Depósito legal n.º 84.449/94

FROTA FILHO, A. B. **Análise da vulnerabilidade erosiva da Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo, Manaus-AM.** 2016. 196 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Manaus, Manaus - AM, 2016.

FRANÇA, D.V. B. Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão. 2020. 226 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2020.

GAMPER, M. A. B; SANTOS, D. A. R. dos; CHEREM, L. F. S. **Variabilidade espaço-temporal da perda de solos na área periurbana de São Desidério (BA)** - Ateliê Geográfico - Goiânia-GO, v. 16, n. 3, dez./2022, p. 192 – 214

GOMES, Iara; PINTO, Deborah Amorim Noberto; - **O urbano, o periurbano e o rural na região metropolitana de Fortaleza** - Sociedade e Território – Natal. Vol. 33, N. 2, p. 113-137 mai./ago. de 2021 / ISSN:2177-8396

GUERRA, A. J. T. **Dicionário Geológico Geomorfológico** – 8 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. ISBN 85-240-0458-4 443 p.: il.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da.(organizadores) **Geomorfologia e meio ambiente** – 2. Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 372p. ISBN 85-286-0573-6

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.(organizadores) **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações.** – 3ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 340p.

GUERRA, A. J. T. **Processos Erosivos nas encostas.** In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2011, p. 139-156.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S.; **Geomorfologia Ambiental.** – 7ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. 190p.

GULLO, F. T. **Percepção de risco associado a deslizamentos nas comunidades do Morro da Carioca, Morro do Abel e Morro do Santo Antônio, Angra dos Reis, RJ.** 2015. 196 f. Monografia (Conclusão de Curso), Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.

HERNANI, L.C; FREITAS, P.L de; PRUSK, F.F.; MARIA, I.C. de; CASTRO FILHO, C. de; LANDERS, J. N. - **A erosão e seu Impacto** – Cap. 5 - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA – Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e região geográfica intermediária;** 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017 Disponível em : <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15778-diviso-es-> Acesso em: 07/12/2024

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Análise das Condições Climáticas do Estado do Maranhão entre janeiro e junho de 2020.** Luiz Jorge Bezerra Dias; Allana Pereira Costa (Organizadores). São Luís: IMESC, 2020. ISBN 978-65-87226-05-7 93 p

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Enciclopédia dos Municípios Maranhenses: Ilha do Maranhão** – São Luís: IMESC, 2021. 8 v. (278 p.: il.) ISBN 978-65-87226-26-2

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sao-jose-de-ribamar/panorama>. Acesso em: 11/05/2024

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Censo Agropecuário, 2017 – Resultados Definitivos. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario2017> Acesso em 12/05/2024

INMET – Instituto Nacional Meteorologia – **Gráficos climatológicos** Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377> Acesso em: 10/09/2024.

JAILLET, M. C.; JALABERT, G. **La production de l'espace urbain périphérique. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v. 53, n. 1, p. 7-26, 1982.

JAYASURIYA, C. et al. **Modelling Impact of Land Use Changes and Climate on Soil Erosion in the Uma Oya River Basin, Sri Lanka. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL INFORMATICS LETTERS**, [S.l.], p. 82-92, jul. 2024. ISSN 1684-8799. Available at: <http://www.jeileters.org/index.php?journal=mys&page=article&op=view&path%5B%5D=202400127>>. Date accessed: 20 Jul. 2024.

JONG VAN LIER, Quirijn de. **Física do solo** - baseada em processos / Piracicaba: Edição do autor, 2020. 413 p. : il. ISBN: 978-65-00-11263-4

LAWS, J. O. ; PERSONS, D. A. **The relation of raindrop-size to intensity. Trans. Am. Geophys. Union** 24, 452-460. (1943)

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. – 2º ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2010.

LEMONS, R. C. e SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. SBCE e Embrapa CNPS, Viçosa. 2015. 83 p.

LISBOA, G. S. **Análise da Fragilidade Ambiental e Reabilitação de Áreas Degradadas Por Erosão na Bacia do Rio Bacanga, Município de São Luís-MA. Relatório de Iniciação Científica. (Pesquisa em Geografia)**. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2014.



LISBOA, G. S. **Processos erosivos por voçorocamento em linha de transmissão de energia no Município de São Luís – MA**– São Luís, 2018.

LOPES, J. A. V. (Org.). **São Luís Ilha do Maranhão e Alcântara: Guia de arquitetura e paisagem**. Sevilha: Editora Bilíngue, 2008.

LOMBARDI, NETO F.; BERTONI, J. **Conservação do solo**. Piracicaba, SP: Editora Livrocere, 1985.

LANGUMIER, J.-F. **Pour une prospective de l'espace périurbain en France**. Les Annales de la Recherche Urbaine, Paris, v. 15, n. 1, p. 72-97, 1982. DOI: <http://doi.org/10.3406/aru.1982.1039>.

KIRKBY, Michael John; MORGAN, Royston Philip Charles (Ed.). **Soil erosion**. 1981.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

MARÇAL, M. S. **Suscetibilidade à erosão dos solos no alto curso da bacia do rio Açailândia–Maranhão**. 2000. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro, PPGG/UFRJ, 208p.

MARÇAL, Mônica dos Santos; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Processo de urbanização e mudanças na paisagem da cidade de Açailândia (Maranhão)**. Impactos ambientais urbanos no Brasil, p. 275-303, 2001.

MARCONI; M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica** / Marina de Andrade Marconi, Eva Maria Lakatos. - 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003. ISBN 85-224- 33976

MARANHÃO. GEPLAN. **Atlas do Maranhão**. LABGE/UEMA, São Luís: GEPLAN, 2002.

MENDONÇA, J. K. S. et al. **Mapeamento e Monitoramento dos Processo Erosivos no Município de São Luís/MA**. Simpósio Nacional de Geomorfologia, v. 9, 2002.

MEDEIROS, R. B.; SANTOS, L. C. A; BEZERRA, J. F. R.; SILVA, Q. D. da; MELO, S. N; **Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Buriticupu, Maranhão – Brasil: o Relevo como Elemento Chave** - Soc. Nat. | Uberlândia, MG | v.35 | e66679| 2023 | ISSN 1982-4513 Recebido: 15 agosto, 2022 |Aceito: 09 novembro, 2022 | Publicado: 18 janeiro, 2023. DOI: 10.14393/SN-v35-2023-66679

MENDES, P. P. M; ORLANDO, P. H. K.; RIBEIRO, L. L. **A QUESTÃO AMBIENTAL E PROCESSOS EROSIVOS NA CIDADE SATÉLITE CEILÂNDIA (DF)**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 2, n. 13, p. 95-107, 2014.

MORAIS, M. S. de. **Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA – São Luís**, 2018. 154 f Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, 2018. Orientador: Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra.

MOREIRA, E. S.; THOMAZINI, L. da S; NUNES, J. O. R.; FUSHIMI, M.; Santos, C. A. Marques dos. **ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE FEIÇÕES EROSIVAS LINEARES NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) DO TIMBURI, PRESIDENTE PRUDENTE (SP)**. G E O G R A F I A, V. 4 5, N. 1, j a n. / j u n. 2 0 2 0.

MONTGOMERY, D. R. **Road surface drainage, channel initiation, and channel erosion**. *Water Resources Research*, 30(6), 1925-1933, 1994.

MUSANTE, F. **Expansão urbana em perspectiva: notas teóricas sobre formas, processos e modos de pensar a urbanização contemporânea**. Geousp, v. 28, n. 2, e209067. 2024. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2024.209067pt>

NÓBREGA, Ranyére Silva. **Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 3, n. 1, p. 18-22, 2010.

NUNES, Breda Soares da Silva; DIAS, Luiz Jorge B.. **O subsistema hidrometeorológico no Estado do Maranhão e a sua associação com o IOS/ENOS entre 1989 e 2018: elaboração de uma cartografia climatológica regional.** Relatório de Iniciação Científica. São Luís: UEMA/PIBIC, 2019. 209 fls.

OLIVEIRA, M. A. T. de; MEIS, M. R. M. de. **Relações entre Geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada.** (Bananal, SP) Geociências, 4:87-99, 1985.

OLIVEIRA, D. Técnicas de Pedologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.) Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula. Editora Sarandi, São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, Bianca Souza de; PARANHOS FILHO, Antonio Conceição; GUARALDO, Eliane. **Identificação de processos erosivos com geotecnologias gratuitas.** *Terr@Plural*, Ponta Grossa, v. 16, p. 1-17, 2022. DOI: 10.5212/TerraPlural.v.16.2219806.023.

PANTA, G; NASCIMENTO, J.P. da HORA; CORRÊA, A. C. de B.; MONTEIRO, K. A. **Processos erosivos no córrego Braço Frio: aspectos da erosão em ambientes urbanos na costa oriental do Nordeste do Brasil.** GeoPUC, 2023, v. 15, n. 29, Rio de Janeiro: e00016

PAIXÃO, F. J. R; et al. **Estimativa da infiltração da água no solo através de modelos empíricos e funções não lineares.** Revista de Biologia e Ciências da Terra. Campina Grande/PB, v.5, nº 1, p. 2-12, 2004.

PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e do aquífero do reservatório Batatã – São Luís (MA).** Tese (Doutorado) Rio Claro: UNESP. 2006.

PEREIRA, J. S.; R, S. RODRIGUEZ, S. C. **Erosão por Voçorocas: Estado da arte.** In: **Revisões de literatura da geomorfologia brasileira** [recurso eletrônico] / organizadores Osmar Abílio de Carvalho Júnior ... [et al.]. – Brasília: Universidade de Brasília, 2022. 1057 p.: il.

IFSC, Instituto Federal de Santa Catarina - Portal IFSC. Triângulo Textural Automático Disponível em: [https://docente.ifsc.edu.br/joao.quoos/textura\\_solo/textura.html](https://docente.ifsc.edu.br/joao.quoos/textura_solo/textura.html) Acesso em: 18/07/2024.

RACINE, J.-B. **Exurbanisation et métamorphisme péri-urbain: introduction à l'étude de la croissance du Grand Montréal.** *Revue de Géographie de Montréal*, Montreal, v. 21, n. 2, p. 313-341, 1967.

RIBEIRO, D. Q. **Análise da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio dos Cachorros, São Luís - MA**– São Luís, 2022. 216 f Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2022. Orientadora: Profa. Dra. Milena Fushimi.

ROSA, L. R.; FERREIRA, D. A. de O. **As categorias rural, urbano, campo, cidade: a perspectiva de um continuum.** In: SPOSITO, M. E. B.; WHITACKER, A. M. (Org.). *Cidade e campo: relações e contradições entre urbano e rural*. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2010. p. 187- 204. (Geografia em movimento).

ROCHA, E. A. V. **Processos de Voçorocamento na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vai Vem (Ipameri-GO).** 2012, 171 f. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em:< <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15947>> Acesso 11 de junho 2024.

RODRIGUES, S. C. **Degradação dos solos no Cerrado.** In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org). *Degradação dos Solos no Brasil*. 1ªed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 51-85, 2014.

ROSSETTI, D. F. **Ambientes costeiros.** In: FLOREZANO T. G. (org). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Ci. Amb., 27:29-48, 2003.

REINERT, D. J., ALBUQUERQUE, J. A., REICHERT, J. M., AITA, C., & ANDRADA, M. M. C. **Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho**. Revista Brasileira de Ciência do solo, 32, 1805- 1816. 2008.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira** – HUCITEC Ltda. - São Paulo, 1993.

SANTOS, M. **Economia espacial: críticas e alternativas**. 2. ed., 2. reimpr. São Paulo: Edusp, 2007. 204 p. (Coleção Milton Santos, 3)

SANTOS, L. C. A. dos; LEAL, A. C. **ANÁLISE GEOMORFOLOGICA EM BACIA HIDROGRÁFICA ATRAVÉS DA IMAGEM SRTM: Um enfoque na sub-bacia do rio Cacau - MA**. - XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – 2009.

SANTOS, L. C. A dos; SOARES, I. G. **Caracterização da Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Preto, Maranhão – Brasil** - Geografia (Londrina) v. 29. n. 1. pp. 85 – 105, janeiro/2020. ISSN 2447-1747

SATHLER, R. **Evolução de voçorocas na Ilha do Maranhão: Uma abordagem pedogeotécnica para recuperação de áreas degradadas**. 2010. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências.

SCOPEL, I.; SILVA SOUSA, M.; PERINI MARTINS, A. Infiltração de água e potencial de uso de solos muito arenosos nos Cerrados (Savanas) do Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 33, n. 2, p. 203–219, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/25556>. Acesso em: 4 jul. 2025.

SENA, J. N. **O uso de sistema de informação geográfica na avaliação de diferentes alternativas de geração de cartas de suscetibilidade à erosão**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira - SP, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/8a7ffc95-8a04-417b-81e1-de0c448fa509> uso de sistema de informação geográfica na avaliação de diferentes alternativas de geração de cartas de suscetibilidade à erosão Acesso em: 14/12/2024

SILVA, Q. D. da. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Presidente Prudente: [s.n], 2012. Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes - Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

SILVA, A. M. P da; CASTRO, C. E. de. **DIREITO DE PROPRIEDADE: ANÁLISE DA POLÍTICA PÚBLICA FUNDIÁRIA NA CIDADE OLÍMPICA, EM SÃO LUÍS (MA)** – in: revista brasileira de estudos urbanos e regionais, v.23, e202142, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202142>

SILVA, V. B.; FORTES, E. **O uso e cobertura da terra e o desenvolvimento de processos erosivos em área periurbana**. Geomae, Campo Mourão, v.13, n.1, p.41-59, 2022.

SOUZA, M. L. de, 1963- S716a **ABC do desenvolvimento urbano** – 2º ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 192p. ISBN 85-286-1013-6

SOUZA, A. J. de.; MULLER R. B. **Geomorfologia**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – Indaial: Grupo UNIASSELVI, 2010.x; 265. p.: il Inclui bibliografia. ISBN 978-85-7830-304-4

SOUSA, P. R. de. **Análise das propriedades físicas dos solos degradados por voçorocamento na Ilha do Maranhão. Relatório Técnico**. (Pesquisa em Geografia). Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2016.

SOUSA, P. R. de. **Análise de áreas degradadas por processos erosivos no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil, Ilha do Maranhão– São Luís**, 2018. 161 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2018. Orientador: Profa. Dra. Quésia Duarte da Silva.

SOBARZO, Oscar. **O urbano e o rural em Henri Lefebvre**. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão; WHITACKER, Arthur Magon (org.). Cidade e Campo: relações e contradições entre o urbano e o rural. São Paulo: Expressão Popular, 2006.

SOUZA, S. O.; VALE, C.C.; NASCIMENTO, F. H. **Bacia do rio Peruípe (BA): Ensaio de classificação morfométrica por meio de dados SRTM**. Revista Caminhos de Geografia.v.14. n.47. 2013

SOARES, M. L.; BARBOSA, A. L. O. **Correlação entre feições erosivas e petrografia de uma voçoroca em São Francisco de Assis, RS**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 10., 2014, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: UFU, 2014.

SOUZA, L. C.; PORTELA, A. K. O.; LISBOA, G. S.; BEZERRA, J. F. R - **CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS EM PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA DO RIO ANIL, ILHA DO MARANHÃO – XVII – Simpósio de geografia física aplicada; I Congresso de Nacional de Geografia Física – Campinas (SP), 2017.**

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2003.

STABILE, Rodrigo Augusto; VIEIRA, Bianca Carvalho. **O papel do ângulo da encosta e da forma das vertentes na distribuição das feições erosivas da bacia Água da Faca, Piratininga (SP)**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, v. 13, p. 1-12, 2009.

SUAZO PEREDA, Víctor; CÁRDENAS PIÑERO, Andrea. **Modos de habitar periurbano en Santiago de Chile: megaproyectos residenciales cerrados y transformaciones en la vida cotidiana**. Revista de urbanismo, n. 45, p. 87-107, 2021.

TAVEIRA, Bruna Daniela de Araujo. **Hidrogeografia e gestão de bacias** - Curitiba: Intersaberes, 2018. ISBN 978-85-5972-762-3

TUCCI, C. E. M. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, n. 2, p. 5-12, jul./dez. 1997.

TIZ, G. J.; CUNHA, J. E. **Erosão periurbana em Marechal Cândido Rondon-PR:uma abordagem introdutória**. Geografia - v. 16, n. 1, jan./jun. 2007 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

THOMAZ, E. L. **Avaliação de processos hidro- -erosivos em estradas rurais por meio de chuva simulada e análise da eficácia de medidas de controle de sedimento na bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Guarapuava-PR**. Projeto Fundação Araucária-apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico do Paraná. Chamada de Projetos 14/2009 Programa de Apoio à Pesquisa Básica e Aplicada., Guarapuava, 2009 (mimeo).

TORRES, F. T. P; MARQUES NETO, R; MENEZES, S. de O. – **Introdução à Geomorfologia** – São Paulo: Cengage Learning, 2012. (Coleção textos básicos de geografia)

TEIXEIRA, M. A.; LAGES, V. N. **Transformações no espaço rural e a geografia Rural: ideias para discussão.** Geografia. São Paulo, v. 14, p.9-33, 1997.

TEIXEIRA, E. C.; SILVA, Q. D.; SOUSA, P. R. de; SANTANA, R. G. **Riscos geomorfológicos urbanos: análise de processos erosivos no baixo curso da bacia hidrográfica do anil são luís - maranhão.** In: ENCONTRO DE PRÁTICAS DE ENSINO DA GEOGRAFIA, 1., COLÓQUIO SOBRE DESENVOLVIMENTO LOCAL E SUSTENTABILIDADE: novas abordagens, velhos dilemas, pelo olhar das geografias, 3., 2018, São Luís, MA. Anais [...]. São Luís: EDUEMA, 2018. p. 205-207.

VALE, A. R. **Expansão urbana e plurifuncionalidade no espaço periurbano do município de Araraquara (SP).** Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro: [s.n.], 2005

VALENZUELA RUBIO, M. **Los espacios periurbanos.** In: ACTAS, DISCURSOS, PONENCIAS Y MESAS REDONDAS: COLOQUIO DE GEÓGRAFOS ESPAÑOLES, 9., Murcia. Anales [...]. Madrid: Asociación de Geógrafos Españoles, 1986.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais.** 2008, 223 f. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

VIANA, J.; SILVA, T.; JÚNIOR, F.; MORAES, M.; LISBOA, G; BEZERRA, J.R. - **MONITORAMENTO DOS PROCESSOS EROSIVOS POR VOÇOROCAMENTO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR, ILHA DO MARANHÃO (MA)** – 2018. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.188-192. (ISSN 2237-1419)



VEIGA JÚNIOR, J. P. **Carta geológica**. Recife: CPRM, 2000a./Folha SA.23-X/Z SÃO LUÍS NE/SE, color – colorido), Escala 1:500.000.

\_\_\_\_\_. (Org.) Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. São Luís NE/SE, Folhas SA.23-X e SA.23-Z. Estados do Maranhão e Piauí. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000b.

XAVIER, G.L. MATOPIBA: **l'occupation de la nouvelle frontière agricole dans les cadres du modèle d'exportation de la spécialisation productive**.