



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA**  
**DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

**ANDRÉ LUIZ DA SILVA**

**ANÁLISE INTEGRADA DE GOVERNANÇA E GEOTECNOLOGIAS PARA A  
CONSERVAÇÃO E GESTÃO AMBIENTAL DO ALTO CURSO DA SUB-BACIA  
DO RIO TIBIRI EM SANTA RITA-PB**

**JOÃO PESSOA - PB**

**2024**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA**  
**DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

**ANDRÉ LUIZ DA SILVA**

**ANÁLISE INTEGRADA DE GOVERNANÇA E GEOTECNOLOGIAS PARA A  
CONSERVAÇÃO E GESTÃO AMBIENTAL DO ALTO CURSO DA SUB-BACIA  
DO RIO TIBIRI EM SANTA RITA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Ambiental.

**Orientadora:** Profa. Dra. Mirella Leôncio Motta e Costa

**JOÃO PESSOA - PB**

**2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

S586a Silva, André Luiz da.

Análise integrada de governança e geotecnologias para a conservação e gestão ambiental do alto curso da sub-bacia do rio Tibiri em Santa Rita-PB / André Luiz da Silva. – 2024.

72 f.: il.

TCC (Graduação – Tecnologia em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de Infraestrutura, Design e Meio Ambiente, 2023.

Orientação: Profa. D.ra Mirella Leôncio Motta e Costa

1. Governança ambiental. 2. Susceptibilidade erosiva. 3. Sub-bacia do Rio Tibiri. 4. Conservação do solo. 5. Gestão de recursos hídricos. I. Título.

CDU 502.14:551.3.053(043)

Elaboração: Lucrécia Camilo de Lima, Bibliotecária - CRB 15/132.

 <b>INSTITUTO FEDERAL</b> Paraíba	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba CAMPUS JOÃO PESSOA
---	--

DECISÃO 12/2024 - CCSTGA/UA1/UA/DDE/DG/IP/REITORIA/IFPB, de 6 de agosto de 2024.

**ANDRÉ LUIZ DA SILVA**

**ANÁLISE INTEGRADA DE GOVERNANÇA E GEOTECNOLOGIAS PARA A CONSERVAÇÃO E GESTÃO AMBIENTAL DO ALTO CURSO DA SUB-BACIA DO RIO TIBIRI EM SANTA RITA-PB**

	Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Ambiental
--	--

Aprovada em 16 de julho de 2024

**Banca Examinadora**

**Profa. Dra. Mirella Leôncio Motta e Costa (Orientadora/IFPB-JP)**

**Profa. Dra. Cybelle Frazão Costa Braga (Examinadora interna/IFPB-JP)**

**Prof. Dr. Carlos Lamarque Guimarães (Examinador/IFPB-JP)**

**JOÃO PESSOA - 2024**

Documento assinado eletronicamente por:

- **Mirella Leôncio Motta e Costa**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/08/2024 11:20:52.
- **Cybelle Frazao Costa Braga**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/08/2024 11:23:36.
- **Carlos Lamarque Guimarães**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/08/2024 11:36:18.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 06/08/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código: 587742  
Verificador: 941fa38773  
Código de Autenticação:



**NOSSA MISSÃO:** Ofertar a educação profissional, tecnológica e humanística em todos os seus níveis e modalidades por meio do Ensino, da Pesquisa e da Extensão, na perspectiva de contribuir na formação de cidadãos para atuarem no mundo do trabalho e na construção de uma sociedade inclusiva, justa, sustentável e democrática.

**VALORES E PRINCÍPIOS:** Ética, Desenvolvimento Humano, Inovação, Qualidade e Excelência, Transparência, Respeito, Compromisso Social e Ambiental.

## **AGRADECIMENTOS**

Um agradecimento especial à minha mãe, cujo amor, força e encorajamento foram a base do meu progresso. Sua presença constante e apoio incondicional foram minha maior fonte de inspiração.

Um agradecimento especial à minha família pelo constante apoio. A presença e o suporte de cada um de vocês foram essenciais em cada passo desta jornada, oferecendo a força e a motivação necessárias para alcançar este marco importante

Gratidão à Professora Mirella pela sua orientação inestimável e compreensão ao longo do meu percurso acadêmico. Sua expertise, paciência e dedicação foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Agradecer à egressa do IFPB Campus Santa Rita, Nathalia de França, e ao educador ambiental, Sildo Alves, pela colaboração essencial ao trabalho.

Meus sinceros agradecimentos a todos os professores do curso pela dedicação e conhecimento compartilhado. Suas orientações e ensinamentos foram fundamentais para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional

Um agradecimento aos meus colegas de turma por compartilharem esta jornada de aprendizado. Todas as trocas de ideias e apoio mútuo foram uma fonte de inspiração e tornaram esta experiência de curso ainda mais enriquecedora.

## RESUMO

A erosão do solo representa um desafio crítico para o gerenciamento sustentável das bacias hidrográficas, impactando a biodiversidade, a qualidade da água e a segurança hídrica. Neste contexto, este trabalho investigou a susceptibilidade dos solos à erosão no alto curso da sub-bacia do rio Tibiri, na cidade de Santa Rita, Paraíba, integrando análises detalhadas de fatores como tipos de solo, litologia, cobertura vegetal, declividade, climatologia e uso do solo, através de modelagem algébrica de mapas utilizando a técnica de análise multicritério. Além da geotecnologia utilizada, o estudo propõe estratégias de governança centradas na gestão sustentável, adotando uma abordagem integrativa na conservação e manejo dos recursos hídricos e do ecossistema. Utilizando um modelo de governança que articula atributos biofísicos, comunitários, regras em uso e ações situacionais, o estudo apresenta uma abordagem de governança local para melhorar a capacidade de resposta a variabilidades climáticas e desafios ambientais. As descobertas revelam uma variação na vulnerabilidade erosiva, com 14,31% da área mostrando muito baixa vulnerabilidade, 30,14% baixa, 31,99% moderada, 8,62% alta e 14,92% muito alta. O diagrama de Análise Institucional e Desenvolvimento (IAD) revelou que a integração de fatores externos, como atributos biofísicos e comunitários, com ações situacionais e interações colaborativas, resulta em um fortalecimento da governança local. Este trabalho oferece subsídios essenciais aos gestores e tomadores de decisão, melhorando os indicadores de cobertura vegetal nativa e a qualidade da água, além de reforçar a segurança hídrica de Santa Rita - PB. Conclui-se que a integração de governança e geotecnologias é essencial para a conservação e gestão ambiental do alto curso da sub-bacia do rio Tibiri, garantindo a sustentabilidade e resiliência socioambiental da região.

**Palavras-chave:** Governança ambiental; susceptibilidade erosiva; sub-bacia do rio Tibiri; conservação do solo; gestão de recursos hídricos.

## ABSTRACT

Soil erosion represents a critical challenge for sustainable watershed management, impacting biodiversity, water quality and water security. In this context, this work investigated the susceptibility of soils to erosion in the upper course of the Tibiri River sub-basin, in the city of Santa Rita, Paraíba, integrating detailed analyzes of factors such as soil types, lithology, vegetation cover, slope, climatology and land use, through algebraic map modeling using the multi-criteria analysis technique. In addition to the geotechnology used, the study proposes governance strategies focused on sustainable management, adopting an integrative approach to the conservation and management of water resources and the ecosystem. Using a governance model that articulates biophysical, community attributes, rules in use and situational actions, the study presents a local governance approach to improve responsiveness to climate variability and environmental challenges. The findings reveal a variation in erosion vulnerability, with 14.31% of the area showing very low vulnerability, 30.15% low, 32.50% moderate, 8.62% high and 14.92% very high. The Institutional Analysis and Development (IAD) diagram revealed that the integration of external factors, such as biophysical and community attributes, with situational actions and collaborative interactions, results in a strengthening of local governance. This work offers essential support to managers and decision makers, improving indicators of native vegetation cover and water quality, in addition to reinforcing water security in Santa Rita - PB. It is concluded that the integration of governance and geotechnologies is essential for the conservation and environmental management of the upper reaches of the Tibiri River sub-basin, ensuring the sustainability and socio-environmental resilience of the region.

**Keywords:** Environmental governance; erosive susceptibility; Tibiri river sub basin; soil conservation; water resources management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Visão geral dos princípios da OCDE para Governança da Água ...	26
Figura 4.1 - Mapa de Localização da Área de Estudo .....	28
Figura 4.2 - Fluxograma Metodológico da Vulnerabilidade à Erosão. ....	29
Figura 4.3 - Diagrama para a Análise Institucional e Desenvolvimento (IAD) ...	34
Figura 5.1 - Mapa Hipsométrico na área de estudo do rio Tibiri .....	36
Figura 5.2 - Mapa de Declividade na área de estudo do rio Tibiri .....	38
Figura 5.3 - Perfil do solo arenoso na área de estudo do rio Tibiri.....	40
Figura 5.4 - Mapa de Domínio de Solos na área de estudo do rio Tibiri .....	41
Figura 5.5 - Mapa geológico na área de estudo do rio Tibiri .....	41
Figura 5.6 - Mapa de Pluviosidade na área de estudo do rio Tibiri .....	43
Figura 5.7 - Mapa de uso e ocupação do solo na área de estudo do rio Tibiri..	45
Figura 5.8 - Mapa da Vulnerabilidade Ambiental à Susceptibilidade Erosiva....	52
Figura 5.9 - Percentuais da Vulnerabilidade à Susceptibilidade Erosiva .....	53
Figura 5.10 - Mosaico de Imagens do processo erosivo .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Sumário de Estatísticas Zonais da Hipsometria .....	35
Tabela 5.2 - Distribuição relativa e absoluta das classes de declividade do rio Tibiri.....	37
Tabela 5.3 - Quantificação do Domínio Pedológico .....	39
Tabela 5.4 - Quantificação das áreas no Mapa Litológico .....	42
Tabela 5.5 - Áreas absolutas e relativas do uso e ocupação do solo .....	47
Tabela 5.6 - Atribuição de pesos e valores às classes na análise multicritério.....	50
Tabela 5.7 - Áreas absolutas e relativas à susceptibilidade erosiva.....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 - Quadro Integrativo da Governança Ambiental na área de estudo da sub-bacia do rio Tibiri: Componentes e Conexões .....	60
--	----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1 VULNERABILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO .....	15
3.2 TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO .....	16
3.3 GOVERNANÇA AMBIENTAL.....	18
3.3.1 Governança da Água no Âmbito Brasileiro.....	21
3.3.2 Monitoramento da governança .....	23
4 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO .....	27
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
4.2 ETAPAS METODOLÓGICAS DO TRABALHO .....	29
4.3 PROCEDIMENTO PARA A CONFECÇÃO DOS MAPAS .....	31
4.4 METODOLOGIA PARA MODELO DE GOVERNANÇA.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 MAPA DA HIPSOMETRIA.....	35
5.2 MAPA DA DECLIVIDADE.....	37
5.3 MAPA DOS SOLOS .....	39
5.4 MAPA DA GEOLOGIA .....	42
5.5 MAPA DA CLIMATOLOGIA (PLUVIOSIDADE).....	44
5.6 MAPA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	46
5.7 ANÁLISE MULTICRITÉRIO .....	49
5.8 VULNERABILIDADE À EROSÃO.....	51
5.9 ESTRATÉGIAS DE GOVERNANÇA NA ÁREA DE ESTUDO .....	56
5.9.1 Situação Atual e Instrumentos Existentes.....	56
5.9.2 Quadro Integrativo da Governança Ambiental .....	58
6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	63
REFERÊNCIAS.....	66

## 1 INTRODUÇÃO

A exploração dos recursos naturais causa diferentes tipos de distúrbios no ambiente natural, em uma variedade de proporções e principalmente com impactos diferentes, dependendo dos vários graus de resistência de cada ambiente.

Quando um ambiente é explorado além de sua capacidade, um desequilíbrio estrutural é iniciado e vários tipos de danos começam a aparecer, como deslizamentos de terra, inundações, erosão, entre outros.

De acordo com a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL, 2002), a vulnerabilidade de uma paisagem depende da existência de três fatores: a ocorrência de um fator negativo, a falta de resposta a uma ameaça, seja pela ausência de defesa humana ou a ineficiência da ajuda externa e a falta de meios para se adaptar às circunstâncias de alto risco que surgem.

Ao integrar variáveis que interferem no potencial dos recursos naturais, o conhecimento dos níveis de fragilidade em uma bacia hidrográfica permite compreender a realidade e obter uma imagem mais clara das opções de uso da terra mais apropriadas (Spörl, 2001).

As geotecnologias surgem como uma importante ferramenta para a fiscalização e análise ambiental, facilitando o gerenciamento da superfície terrestre, bem como dos recursos nela contidos, de forma a contribuir decisivamente para o monitoramento, simulação de cenários e apontar soluções em relação a diferentes formas de uso e ocupação das terras (Leite *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o estudo das vulnerabilidades ambientais, especialmente em relação à erosão do solo, torna-se de suma importância para o gerenciamento e planejamento efetivo dos recursos terrestres.

A erosão é um processo natural que ocorre devido à remoção de solo por ação da água, vento e gravidade, no entanto, quando intensificado pelas atividades humanas, pode causar sérios problemas ambientais e socioeconômicos (Bryan, 2000).

A perda de solo leva à redução da capacidade produtiva das terras, deterioração da qualidade da água e sedimentação de corpos d'água. Estudos, como o de Pacheco *et al.* (2018), confirmam esses impactos e discutem adicionalmente o declínio da biodiversidade. Além disso, as áreas mais

vulneráveis à erosão também podem sofrer um aumento no risco de eventos de deslizamentos de terra e inundações (Guzzetti *et al.*, 2006).

A região do alto curso da sub-bacia hidrográfica do rio Tibiri, no município de Santa Rita, estado da Paraíba, se apresenta como um território de interesse para o estudo da vulnerabilidade à erosão do solo. Isso se deve à diversidade de fatores, como as condições climáticas, a cobertura vegetal, a ocupação do solo e as práticas de manejo, que podem afetar a suscetibilidade à erosão nesta área.

Portanto, uma gestão eficaz dos recursos da bacia hidrográfica exige uma abordagem integrada que combine informações geológicas, climáticas, ecológicas e socioeconômicas para a tomada de decisões informadas (Arnold *et al.*, 2012).

Considerando a importância de conhecer e buscar medidas de controle para a erosão do solo, a proposta do presente estudo é mapear o potencial erosivo em um trecho do alto curso da sub-bacia hidrográfica do rio Tibiri.

Além disso, objetiva-se elaborar uma classificação da susceptibilidade erosiva e correlacionar com os principais fatores e consequências. Assim, busca-se fornecer subsídios para a tomada de decisão em prol do desenvolvimento sustentável da região.

Neste contexto, a governança ambiental surge como um elemento fundamental para o sucesso desses objetivos. A governança, neste estudo, é o estabelecimento de um quadro de ação coletiva e participativa para efetivamente gerir os recursos naturais e mitigar a vulnerabilidade ambiental.

Através da governança, busca-se promover práticas de manejo sustentável do solo e da água, fortalecer políticas ambientais e fomentar a consciência e a responsabilidade ambiental. Além disso, a governança da água visa assegurar a participação de todas as partes interessadas no processo de tomada de decisão, garantindo que as políticas sejam inclusivas e equitativas.

A integração da governança ambiental na análise da vulnerabilidade da sub-bacia do rio Tibiri permitiu uma abordagem mais holística e eficaz, contribuindo para a sustentabilidade e resiliência da região frente aos desafios ambientais atuais e futuros.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo é avaliar a vulnerabilidade à erosão dos solos em um trecho do alto curso da sub-bacia do rio Tibiri, localizado em Santa Rita - PB e propor um modelo de governança ambiental, baseado em práticas sustentáveis, para a gestão eficiente dos recursos naturais e a proteção do ecossistema em estudo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar e analisar os principais fatores que contribuem para a susceptibilidade erosiva na área de estudo do alto curso da sub-bacia do rio Tibiri, incluindo, tipos de solo, cobertura vegetal, precipitação e uso das terras;
2. Utilizar técnicas de análise multicritério e álgebra de mapas para mapear e classificar a susceptibilidade erosiva na área de estudo;
3. Correlacionar a susceptibilidade erosiva identificada com seus potenciais impactos e consequências, abrangendo aspectos ambientais e socioeconômicos.
4. Desenvolver estratégias de governança ambiental que integrem a participação comunitária, regras em uso e ações situacionais para fortalecer a gestão sustentável e inclusiva dos recursos hídricos na sub-bacia do rio Tibiri.
5. Fornecer subsídios para a tomada de decisão em prol da governança e o desenvolvimento sustentável da região e da conservação do manancial do rio Tibiri, tendo em vista sua importância para a segurança hídrica do município.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Na fundamentação teórica, são abordados os temas de vulnerabilidade ambiental e governança ambiental. Inicialmente, analisa-se a vulnerabilidade ambiental com foco na erosão do solo, suas causas e implicações, utilizando técnicas de análise multicritério para avaliar essa vulnerabilidade. Em seguida, explora-se a necessidade de gerenciar riscos de desastres e a importância da incorporação de práticas sustentáveis. A governança ambiental em bacias hidrográficas é examinada, destacando estruturas institucionais e desafios.

#### **3.1 VULNERABILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO**

A erosão do solo é um processo natural de desgaste e remoção do solo, intensificado pela interferência humana por meio de atividades como desmatamento, agricultura intensiva e urbanização (Morgan, 2005).

Existem diversos tipos de erosão, cada um com características e impactos específicos. A erosão laminar ocorre quando a água da chuva remove uma camada fina e uniforme de solo da superfície. A erosão em sulcos forma pequenos canais ou sulcos no solo devido ao escoamento concentrado da água. A erosão em ravinas é mais intensa e resulta em grandes depressões ou valas no solo, que podem aumentar rapidamente durante chuvas fortes (Bork, 1989).

A erosão hídrica é causada principalmente pelo impacto da chuva e pelo escoamento superficial, enquanto a erosão eólica é provocada pelo vento que transporta partículas de solo para outras áreas (Lal, 2015; Bryan, 2000).

Cada tipo de erosão exige estratégias específicas de manejo e controle para minimizar seus impactos e promover a sustentabilidade ambiental. O entendimento da erosão e suas implicações vai além dos processos puramente físicos. A erosão do solo está intrinsecamente ligada a aspectos de uso e ocupação da terra e, conseqüentemente, a aspectos socioeconômicos (Boardman; Poesen, 2006).

Por exemplo, a agricultura mal gerenciada e o desmatamento podem acelerar significativamente a erosão do solo, resultando em perda de produtividade do solo e alterações negativas nos ciclos de água e nutrientes (Lal, 2001).

Esses efeitos são especialmente relevantes em regiões como a sub-bacia do rio Tibiri, onde o rio é fundamental para a segurança hídrica local e o solo é uma base crucial para a produção agrícola e mineral.

É também necessário considerar os aspectos temporais da erosão do solo. Enquanto a erosão do solo é um processo contínuo e muitas vezes lento, ela pode ter picos de intensidade devido a eventos climáticos extremos, como chuvas fortes (Cerdan *et al.*, 2010). Este é mais um motivo para o monitoramento contínuo e a previsão da susceptibilidade erosiva serem essenciais.

O desenvolvimento e a implementação de estratégias de gestão do solo adequadas dependem da compreensão dos mecanismos de erosão do solo e de suas conexões com os fatores de controle da paisagem (Jetten *et al.*, 1999).

Essa interferência tem levado a danos ambientais e socioeconômicos significativos, como perda de fertilidade do solo, redução da disponibilidade de água, inundações e deslizamentos de terra (Bryan, 2000).

A vulnerabilidade de uma paisagem à erosão é definida pela interação de vários fatores, como tipos de solo, cobertura vegetal, clima, precipitação, topografia e uso das terras (Soares *et al.*, 2015).

Cada um desses fatores apresenta um grau diferente de influência na erosão do solo e, portanto, a avaliação da vulnerabilidade erosiva requer uma análise integrada desses elementos (Conforti *et al.*, 2011).

Para analisar de forma aprofundada a vulnerabilidade ambiental à susceptibilidade erosiva, técnicas como a análise multicritério são frequentemente utilizadas.

Essas técnicas permitem que múltiplos critérios sejam considerados simultaneamente, levando em conta a importância relativa de cada critério para a avaliação final (Malczewski, 1999).

### 3.2 TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO

A análise multicritério (AMC), também conhecida como MCA (*Multi-Criteria Analysis*), é uma ferramenta de decisão que permite a avaliação de várias opções e a consideração de múltiplos critérios simultaneamente (Belton; Stewart, 2002).

Essa abordagem é particularmente útil para lidar com problemas complexos, como a erosão do solo, onde muitos fatores influentes estão envolvidos e a avaliação desses fatores pode ser de natureza subjetiva ou objetiva.

A AMC incorpora tanto os aspectos quantitativos quanto qualitativos na análise, permitindo aos pesquisadores e tomadores de decisão lidar com a complexidade dos sistemas ambientais (Huang *et al.*, 2011).

No contexto da erosão do solo, por exemplo, AMC pode permitir a consideração simultânea de fatores físicos (como declividade, tipos de solo, cobertura vegetal), fatores climáticos (como precipitação) e fatores socioeconômicos (como uso da terra).

A abordagem é flexível, pois não impõe um único método de análise. Existem várias técnicas que podem ser empregadas, incluindo análise de hierarquia, programação de metas, análise de restrições e muitas outras (Figueira *et al.*, 2005). Essa flexibilidade permite adaptar a análise às necessidades específicas do problema em questão.

A Análise Multicritério (AMC) também pode ser particularmente eficaz quando integrada a abordagens espaciais. Por meio da incorporação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a AMC pode avaliar a distribuição espacial de fatores críticos para a erosão do solo.

Essa integração permite uma análise detalhada da variabilidade espacial, facilitando a identificação de áreas prioritárias para intervenções. Técnicas como a álgebra de mapas, que combina diferentes critérios espaciais representados como camadas de mapas, são essenciais para criar uma avaliação integrada e abrangente das áreas suscetíveis à erosão (Malczewski, 1999).

A álgebra de mapas é uma técnica útil para combinar diferentes critérios espaciais, representados como camadas de mapas, em uma única avaliação (Eastman, 1999).

O conhecimento detalhado dos níveis de vulnerabilidade erosiva pode auxiliá-la tomada de decisões informadas para a conservação do solo, a gestão sustentável dos recursos naturais e a proteção da segurança hídrica da região (Rocha *et al.*, 2014).

A vulnerabilidade das bacias hidrográficas é um tema de grande relevância, especialmente no Brasil, onde rios e bacias desempenham papéis cruciais em

termos de recursos hídricos, biodiversidade e atividades econômicas (Tucci, 2008).

Várias pesquisas têm explorado a vulnerabilidade de bacias hidrográficas no Brasil. Por exemplo, Fernandes e Rolim (2006) estudaram a bacia hidrográfica do rio Piracicaba, em São Paulo, analisando a fragilidade ambiental da bacia e correlacionando-a com a ocorrência de erosão do solo. Seu trabalho destaca a importância do gerenciamento adequado do uso da terra para a minimização dos impactos erosivos.

Rodrigues e Sobrinho (2013) afirmam que a vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo características físicas (como relevo e tipos de solo), climáticas (como padrões de precipitação), e humanas (como uso e ocupação da terra e práticas agrícolas).

O trabalho de Mello *et al.* (2017) sobre a vulnerabilidade das bacias hidrográficas à contaminação por agrotóxicos em Minas Gerais ilustra o elo entre vulnerabilidade, uso da terra e questões de saúde e segurança hídrica. O estudo ressalta a importância de estratégias de gestão integrada para assegurar a qualidade da água e a sustentabilidade das bacias.

Pesquisas contemporâneas têm investigado a vulnerabilidade de bacias hidrográficas no Brasil. Por exemplo, uma análise geoespacial da bacia do rio Doce avaliou a vulnerabilidade ambiental integrando fatores naturais e antropogênicos para identificar áreas críticas para conservação.

Essa abordagem revelou regiões que necessitam de intervenções urgentes para mitigar a erosão e melhorar a governança e a sustentabilidade ambiental (Campos *et al.*, 2021).

Rubira e Mincato (2023) modelaram a perda de solo por erosão hídrica no sistema Cantareira, utilizando a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) e técnicas de SIG. O estudo destacou áreas com altas taxas de erosão e a necessidade de práticas conservacionistas para reduzir a produção de sedimentos e garantir a qualidade da água no sistema.

### 3.3 GOVERNANÇA AMBIENTAL

A necessidade de gerenciar riscos de desastres está se tornando cada vez mais crítica diante do crescimento na frequência e gravidade de eventos

extremos. Isso exige progresso significativo em abordagens de gestão que sejam preventivas e, mais crucialmente, que incluam a participação ativa para uma efetiva governança ambiental dos riscos. Incorporar práticas de ESG (Ambiental, Social e Governança) é essencial nas estratégias de adaptação. Tal abordagem é fundamental para fortalecer a capacidade das sociedades modernas aos desafios emergentes.

Diversos autores (Speth, 2004; Haas, 2006; Gorla, 2008; Sgobbi, 2009; Homeyer, 2010) atribuem à governança a forma de operacionalizar políticas governamentais no contexto dos processos decisórios que articulam os diferentes segmentos da sociedade. As referências são sobre a capacidade de induzir o processo de desenvolvimento por meio da construção de espaços de relacionamento entre o setor público, o privado e o terceiro setor.

O termo "governança" experimentou uma evolução significativa desde os anos 70. Inicialmente associado ao ato de governar e aos processos governamentais, o conceito expandiu-se para incluir um modelo mais abrangente e não hierárquico de governo. Este moderno modelo de governança envolve atores não-estatais e diversos segmentos da sociedade na formulação e implementação de políticas públicas, refletindo uma mudança nas abordagens das ciências sociais e de políticas públicas (Jacobi; Sinisgalli, 2012).

Richard e Rieu (2008), afirmam, no lugar de ser sustentada seja pelo estado ou pelo mercado, a governança sociopolítica gera novas formas de interação que baseadas numa visão da complementaridade entre o governo e a sociedade e pode promover compartilhamento de responsabilidade entre atores públicos, privados e o ambiente.

O conceito de governança apoia a análise, considerando-se que um meio ambiente saudável, como bem público, é de responsabilidade comum tanto dos governos como da sociedade e de suas instituições.

Fica evidente que a governança ambiental é caracterizada por um processo inclusivo e colaborativo que transcende as tradicionais hierarquias do estado e dos sistemas de mercado. Este conceito enfoca na transformação das formas de governo e regulação, integrando as organizações civis e governamentais em decisões sobre o meio ambiente. A ideia é promover uma adesão ampla e irrestrita ao projeto de manter a integridade do planeta, articulando formas

clássicas de autoridade estatal com as do setor privado e da sociedade civil (Jacobi; Sinisgalli, 2012).

A implementação de métodos participativos na gestão pública tem induzido uma melhoria qualitativa na participação cidadã, promovendo amplas oportunidades para envolvimento sociopolítico. Essa dinâmica é capaz de influenciar significativamente a transformação da governança ambiental no Brasil, embora persistam debates acerca de seus impactos efetivos.

A busca de uma boa governança permanece um desafio constante para todos os governos e cidadãos. No que se refere à temática ambiental, em particular, há desafios específicos a serem enfrentados no campo que passou a ser chamado de governança ambiental, o qual, em termos simples, diz respeito aos processos e instituições por meio dos quais as sociedades se organizam e tomam decisões que afetam o meio ambiente (Loe *et al.*, 2009; WRI, 2003).

As instâncias participativas consultivas e/ou deliberativas das políticas ambientais podem ser consideradas instâncias abertas a essas conexões educativas, a exemplo dos conselhos de meio ambiente, dos comitês de gestão de bacias hidrográficas e das audiências públicas, que podem cumprir o papel de serviço à democracia e à proteção ambiental (Jacobi, 2012).

A abordagem colaborativa interdisciplinar surge como uma valiosa adição, criando condições favoráveis para uma dinâmica de cooperação. Este enfoque abre caminhos para a participação ativa tanto da sociedade civil quanto de especialistas em gestão ambiental.

É crucial reconhecer que um modelo renovado de governança ambiental implica na reestruturação das instituições governamentais ligadas ao meio ambiente, visando aumentar sua eficiência, transparência e capacidade de resposta aos desafios ambientais contemporâneos. Esta reestruturação deve envolver a modernização dos processos administrativos, a capacitação dos servidores públicos e a promoção de uma cultura institucional que priorize a proteção ambiental.

Paralelamente, é necessário integrar princípios de sustentabilidade socioambiental nas políticas setoriais, assegurando que aspectos como a conservação dos recursos naturais, a mitigação das mudanças climáticas e a promoção da justiça ambiental sejam considerados em todas as decisões governamentais. Essa integração deve ser transversal, para promover um

desenvolvimento verdadeiramente sustentável. Além disso, a participação ativa da sociedade civil é fundamental para construir uma governança inclusiva e colaborativa, capaz de enfrentar os desafios ambientais de forma holística e eficaz.

### **3.3.1 Governança da Água no Âmbito Brasileiro**

A governança da água no Brasil está alinhada com os Princípios da OCDE para a Governança da Água, adotados em 2015. Esses princípios foram desenvolvidos para enfrentar os desafios complexos e multiescalar da gestão de recursos hídricos, destacando a necessidade de políticas robustas, coordenação eficaz e engajamento das partes interessadas.

A estrutura de governança da água no Brasil é fundamentada na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). A PNRH, instituída pela Lei nº 9.433/97, estabelece a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos, utilizando as bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gestão. O SINGREH, por sua vez, coordena as ações dos órgãos gestores e fomenta a participação dos diversos segmentos da sociedade.

Segundo Moura e Fonseca (2016), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) é um elemento chave na estrutura de governança ambiental brasileira, como órgão responsável, no Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), por assessorar o governo e os órgãos ambientais quanto a diretrizes e políticas para o meio ambiente, além de estabelecer, no âmbito de suas competências, normas e padrões ambientais em nível nacional.

Para Lenschow (2002), as estruturas atuais de governança do setor ambiental não se compatibilizam com a natureza inter-escalar e transetorial dos problemas ambientais.

Para tanto, seria essencial uma coordenação horizontal (entre ministérios ou setores) e vertical (entre níveis) de políticas, sendo necessários arranjos colaborativos de um conjunto de atores diversificados e interconectados.

Os comitês de bacias hidrográficas são fundamentais nesse sistema, atuando como fóruns deliberativos que reúnem representantes do poder público, usuários da água e organizações da sociedade civil.

Esses comitês são responsáveis pela elaboração e implementação dos Planos de Recursos Hídricos, que identificam ações prioritárias para a gestão sustentável das bacias, incluindo medidas de contenção de erosão e recuperação de áreas degradadas.

Faz parte desta estrutura, também, uma vasta rede de conselhos estaduais e municipais e comitês gestores temáticos, como os de bacias hidrográficas e de unidades de conservação, entre outros.

O Brasil tem implementado iniciativas inovadoras para melhorar a governança da água, tais como a cobrança pelo uso da água, que visa promover o uso racional e sustentável dos recursos hídricos.

No Brasil, a gestão de bacias hidrográficas assume crescente importância à medida que aumentam os efeitos da degradação ambiental sobre a disponibilidade de recursos hídricos, mesmo considerando a evolução das políticas públicas e os importantes avanços neste setor ao longo dos últimos vinte anos (Ribeiro, 2009, p. 42).

Em conformidade com os princípios da OCDE, o Brasil busca assegurar a transparência, integridade e responsabilidade na gestão dos recursos hídricos.

A participação ativa das partes interessadas e a cooperação entre diferentes níveis de governo são essenciais para enfrentar os desafios da água de maneira eficaz e inclusiva.

Um exemplo de iniciativa institucional de governança, no caso do Brasil, foi a criação, pela Lei Federal nº 9.984/2000, da Agência Nacional de Águas (ANA) como órgão responsável pela gestão das águas, conforme estabelecido pelo Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, na Lei Federal nº 9.433/1997.

Os cinco princípios básicos proclamados nesta lei, a rigor praticados em todos os países que avançaram na gestão de seus recursos hídricos (Rebouças, 2001; p. 341) são: 1) adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento; 2) usos múltiplos da água, quebrando a indesejável hegemonia do setor hidrelétrico sobre os demais; 3) reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável; 4) reconhecimento do valor econômico da água; 5) gestão descentralizada e participativa.

Para Jacobi (2011), com a PNRH, a gestão dos recursos hídricos mudou qualitativamente, pois substituiu práticas profundamente arraigadas de planejamento tecnocrático e autoritário.

A adoção dos Princípios da OCDE pelo Brasil representa um compromisso com a melhoria contínua da governança da água, visando alcançar a sustentabilidade e a equidade no acesso aos recursos hídricos.

Esses esforços são cruciais para garantir a segurança hídrica e a resiliência das comunidades frente às mudanças climáticas e outras pressões ambientais (OCDE, 2015)

### **3.3.2 Monitoramento da governança**

A natureza complexa e multiescalar dos problemas ambientais ao lado da heterogeneidade dos agentes envolvidos (Brondízio *et al.*, 2009) trazem diferentes desafios ao monitoramento dos sistemas de governança.

Nos últimos anos, as organizações das Nações Unidas, o Banco Mundial, o Fundo Global para o Meio Ambiente, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e outras uniram forças com associações governamentais, acadêmicas, profissionais, ONGs e o setor privado para desenvolver esforços para melhorar a governança da água (ONU, 2017; Banco Mundial, 2017; OCDE, 2017).

Uma experiência precursora e exitosa no monitoramento da governança foi desenvolvida por Ostrom *et al.* (1997), que desenvolveram um arcabouço teórico-metodológico para o estudo comparativo entre esses sistemas, denominado Análise Institucional e Desenvolvimento, ou IAD (sigla em inglês para *Institutional Analysis and Development*), permitindo organizar diagnósticos/diagramas, fazer análises e exercer a capacidade de prescrever resultados.

O primeiro passo para o IAD é identificar as ações-situações de governança, que são os espaços sociais onde os indivíduos ou organizações interagem, trocam bens e serviços, resolvem os problemas ou conflitos, ou exercem seu domínio sobre os demais (Ostrom, 2011).

Nesse arcabouço, partindo da ação-situação, são avaliados: quais os agentes envolvidos e a posição que ocupam; a disponibilidade de informações

confiáveis aos agentes e seu controle sobre a situação; os resultados potenciais, além de custos e benefícios para determinada ação.

A ação-situação, por sua vez, ocorre e é influenciada por outros elementos-chave e interdependentes que compõem o IAD, como: condições biofísicas, atributos da comunidade, regras, interações, resultados e critérios de avaliação.

Fatores externos também desempenham um papel crucial nesse modelo. Entre esses fatores estão as influências políticas, econômicas e sociais que podem afetar direta ou indiretamente a governança e a eficácia das ações implementadas (Ostrom, 2011).

Mudanças no clima, políticas governamentais, condições econômicas e dinâmicas sociais são exemplos de fatores externos que podem alterar a disponibilidade de recursos, modificar prioridades de gestão e influenciar a participação dos agentes.

Os resultados esperados utilizando a técnica de monitoramento IAD incluem uma compreensão mais profunda das interações entre os diversos atores envolvidos, a identificação de áreas críticas para intervenção e a formulação de recomendações para melhorar a governança e a gestão ambiental na sub-bacia, promovendo a sustentabilidade e a resiliência da região.

Os Princípios da OCDE sobre Governança da Água fornecem uma outra estrutura para entender se os sistemas de governança da água estão funcionando de maneira ótima e para ajudar a ajustá-los quando necessário.

Eles podem catalisar esforços para tornar as boas práticas mais visíveis, aprendendo com experiências e fomentando melhorias contínuas em todos os níveis de governo para facilitar mudanças quando necessário. Eles também podem ajudar a evitar armadilhas e falhas, aprendendo com experiências internacionais (OECD, 2018).

Os Princípios são baseados nas seguintes considerações:

- Enfrentar os desafios atuais e futuros da água requer políticas públicas robustas que visem objetivos mensuráveis em cronogramas pré-determinados na escala apropriada, uma clara atribuição de responsabilidades às autoridades competentes e monitoramento e avaliação regulares.

- Uma governança da água eficaz, eficiente e inclusiva contribui para o desenho e implementação de políticas, numa responsabilidade compartilhada entre os diferentes níveis de governo e em cooperação com a sociedade para enfrentar os desafios atuais e futuros da água.
- Não pode haver uma única resposta política uniforme para os desafios da água em todo o mundo, dada a diversidade de situações dentro e entre países em termos de quadros legais e institucionais, práticas culturais, bem como condições climáticas, geográficas e econômicas que originam diversos desafios e respostas políticas à água.
- Princípios mais amplos de boa governança aplicam-se ao setor da água, e os resultados da governança da água também podem depender do progresso em outros domínios do quadro político da água.

Os Princípios aplicam-se ao ciclo da política de água e devem ser implementados de maneira sistemática e inclusiva. Como tal, eles não fazem distinções entre (OECD, 2018):

- Funções de gestão de água (por exemplo, fornecimento de água potável, saneamento, proteção contra inundações, qualidade da água, quantidade de água, água da chuva e água de tempestade)
- Usos da água (por exemplo, doméstico, industrial, agrícola, energia e ambiente)
- Propriedade da gestão de água, recursos e ativos (por exemplo, público, privado, misto).

Os Princípios estão agrupados em torno de três dimensões principais:

1. Efetividade da governança da água relaciona-se à contribuição da governança para definir metas e objetivos claros de política de água sustentável em diferentes níveis de governo, para implementar essas metas de política e para alcançar os objetivos ou alvos esperados.

2. Eficiência da governança da água relaciona-se à contribuição da governança para maximizar os benefícios do manejo sustentável da água e bem-estar com o menor custo para a sociedade.
3. Confiança e engajamento na governança da água relacionam-se à contribuição da governança para construir confiança pública e garantir a

A Figura 3.1 apresenta os princípios da OCDE para governança da água, destacando elementos essenciais como eficácia, eficiência e confiança. Esses princípios são fundamentais para garantir uma gestão sustentável e integrada dos recursos hídricos, promovendo a colaboração entre diferentes atores e setores. Entre os elementos destacados estão a capacitação para o desempenho das atribuições, a coerência das políticas e a coordenação entre setores, além da atribuição clara de papéis e responsabilidades.

A implementação de práticas inovadoras de governança e a promoção de quadros regulatórios sólidos são também aspectos cruciais que visam assegurar a integridade e transparência na gestão da água.

**Figura 3.1** - Visão geral dos princípios da OCDE para Governança da Água



Fonte: OECD, 2015.

## **4 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O rio Tibiri é um tributário da bacia hidrográfica no rio Paraíba. Sua nascente principal encontra-se nas coordenadas 7°11'32.84"S e 35° 2'25.14" O, às margens da rodovia estadual PB 016 km 01, totalmente inserido no município de Santa Rita-PB.

Ressalta-se a relevância da área de estudo uma vez que o rio Tibiri participa do abastecimento local, ofertando seus recursos hídricos a cerca de 70% da população urbana da cidade de Santa Rita-PB.

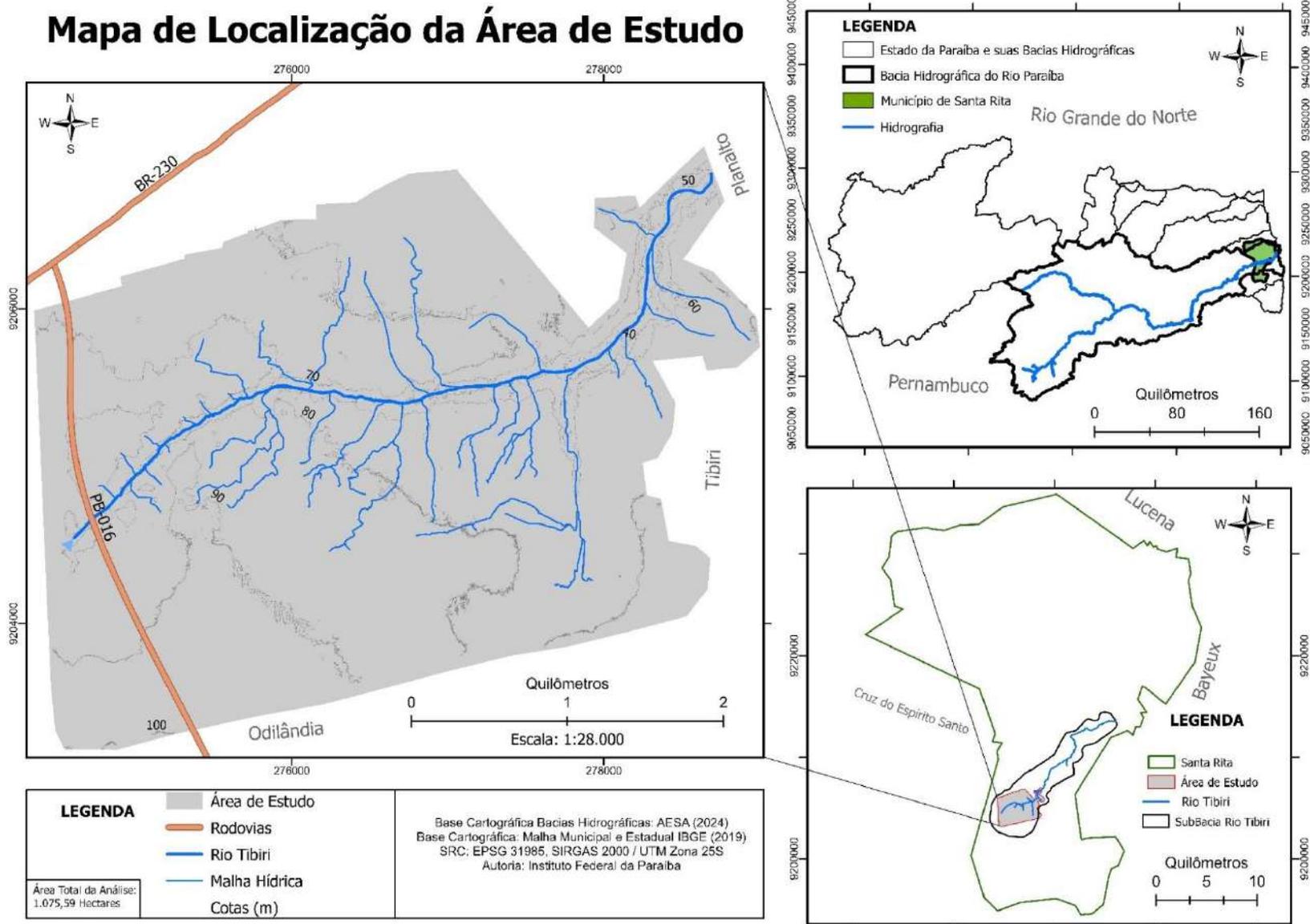
Santa Rita, situada na Região Metropolitana de João Pessoa, tem uma população de aproximadamente 149.910 habitantes e uma área de 718,576 km<sup>2</sup> IBGE (2022).

A economia é diversificada, com destaque para a agricultura e a indústria, sendo o município detentor do quarto maior distrito industrial da Paraíba. Santa Rita possui um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,627, classificado como médio. O clima é tropical quente e úmido, com chuvas concentradas nos meses de inverno (IBGE, 2022).

O mapeamento detalhado da área é fundamental para a compreensão dos aspectos hidrológicos e ambientais do município. Neste contexto, a Figura 3, que, é introduzida como uma ferramenta essencial para a visualização da localização da área de estudo.

A análise detalhada de um trecho desta sub-bacia permitirá um entendimento aprofundado das múltiplas dinâmicas e suas implicações ambientais, possibilitando a elaboração de estratégias eficientes para a gestão sustentável dos recursos naturais na região.

A Figura 4.1 ilustra a localização exata da área de estudo no alto curso do rio Tibiri, destacando a sub-bacia dentro dos limites da bacia hidrográfica do rio Paraíba em Santa Rita – PB. Essa demarcação é vital para direcionar as análises de vulnerabilidade e planejar intervenções ambientais específicas.



Fonte: Autor, 2024.

## 4.2 ETAPAS METODOLÓGICAS DO TRABALHO

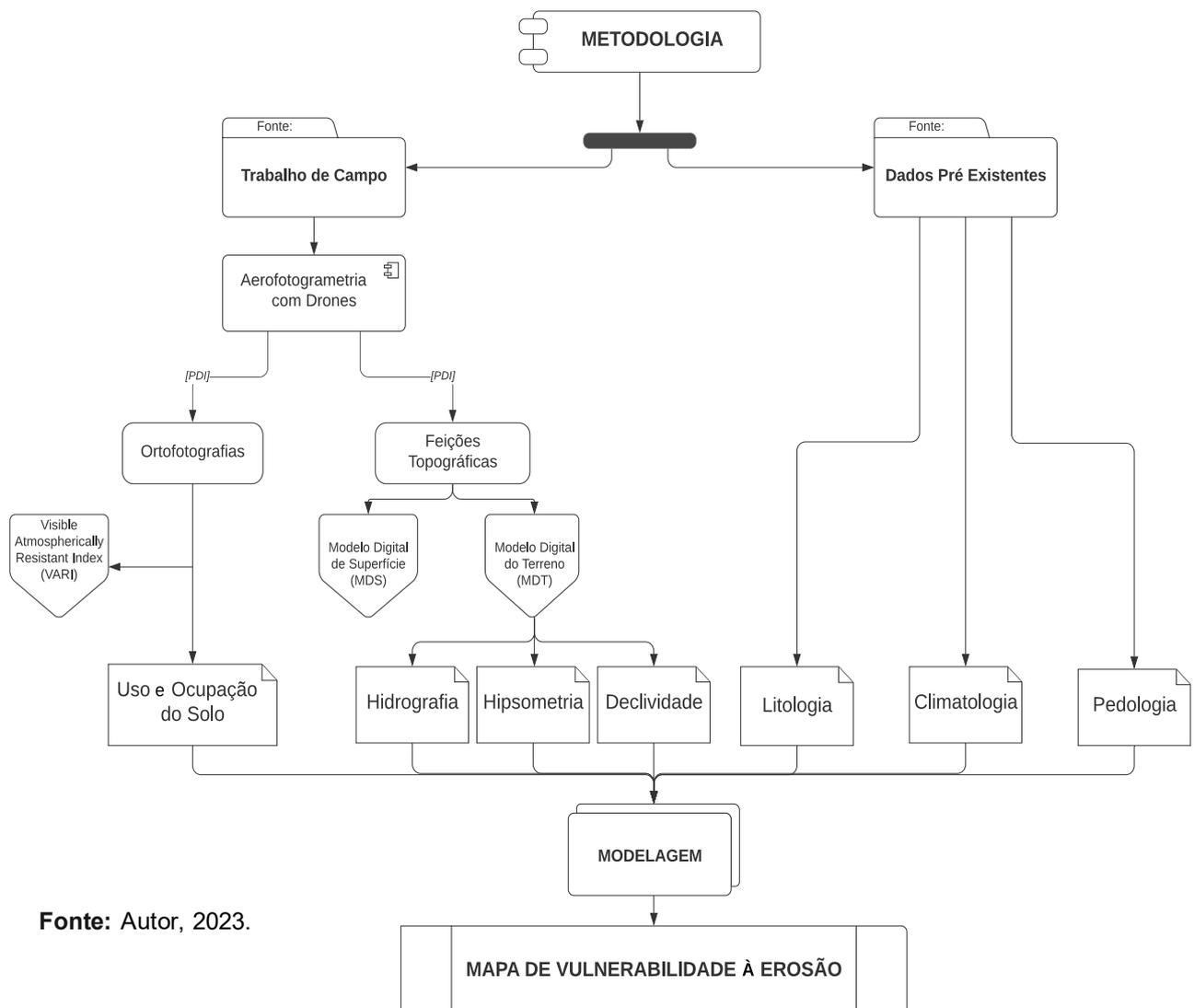
### 4.2.1 Metodologia para Análise da Vulnerabilidade

A metodologia utilizada para a análise multicritério foi adaptada de Moura (2007), na qual se baseia na lógica da construção de um SIG.

Para fins de apreciação pormenorizada, o objeto de análise foi o trecho compreendido no alto curso do rio Tibiri, onde se encontram as principais nascentes, além de uma acentuada pressão antrópica.

Os procedimentos utilizados, inclui-se da interpretação de parâmetros dos tipos de solo, cobertura vegetal, litologia, relevo, precipitação e uso e ocupação, incorporados à sobreposição temática em SIG, com imputação de valores característicos a cada classe, segundo o alcance da acuidade desses fatores em relação à erosão, conforme ilustrado na Figura 4.2, que representa o fluxograma metodológico seguido no trabalho.

**Figura 4.2** - Fluxograma Metodológico da Análise de Vulnerabilidade



Fonte: Autor, 2023.

No diagrama ilustrado na Figura 4.2, a metodologia para análise de vulnerabilidade à erosão é baseada em uma abordagem integrada que combina dados de campo e dados pré-existentes. O fluxograma metodológico detalha as etapas seguidas para a realização da análise, conforme descrito nos seguintes passos:

## 1. Coleta de Dados

### 1.1. Trabalho de Campo

- Realização de aerofotogrametria com VANTs para obtenção de imagens detalhadas da área de estudo.
- As imagens capturadas foram processadas para gerar a ortofotografia, fundamental para a análise espacial detalhada.

### 1.2. Dados Pré-Existentes

- Integração de dados pré-existentes relevantes para a área de estudo, incluindo informações sobre litologia, climatologia e pedologia.

## 2. Processamento e Análise

### 2.1. Ortofotografia

- A partir da ortofotografia, foram gerados índices de vegetação, que auxiliam na identificação das características de uso e ocupação do solo.

### 2.2. Feições Topográficas

- Criação de Modelos Digitais de Elevação (MDE) a partir dos dados capturados por VANTs. Estes modelos são essenciais para a compreensão das feições topográficas da área de estudo.

### 2.3. Integração dos Dados

- Uso e ocupação do solo foram analisados em conjunto com os dados de feições topográficas (MDE).
- Os dados foram organizados em camadas de informação que incluem hidrografia, hipsometria, declividade, litologia, climatologia e pedologia.

## 3. Modelagem

### 3.1. Processo de Modelagem

- Com base nas camadas de dados integradas, foi realizada a modelagem para avaliar a vulnerabilidade à erosão na área de estudo.
- As diversas variáveis são combinadas em um modelo que permite a identificação de áreas com diferentes níveis de vulnerabilidade.

#### 4. Criação do Mapa de Vulnerabilidade à Erosão

- O resultado da análise algébrica dos mapas foi a geração de um mapa de vulnerabilidade à erosão, que destaca as áreas mais suscetíveis ao processo erosivo.

Este mapa é uma ferramenta valiosa para a gestão ambiental e planejamento do uso do solo, permitindo a implementação de medidas preventivas e mitigatórias.

Este fluxograma metodológico proporciona uma visão clara e organizada das etapas e processos envolvidos na análise de vulnerabilidade à erosão, garantindo uma abordagem sistemática e integrada para a obtenção de resultados precisos e confiáveis.

#### 4.3 PROCEDIMENTO PARA A CONFECÇÃO DOS MAPAS

Na etapa de coleta dos dados sobre o rio Tibiri, foram sistematizadas informações de fontes preexistentes, como litologia (CPRM), climatologia (AES/A) e pedologia (EMBRAPA). Porém, devido à escassez de elementos, a maioria dos produtos foram gerados através de incursões em campo na área de estudo, incluindo a obtenção de imagens aéreas de alta resolução (1 metro) advindas do uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

Essas imagens permitiram uma análise detalhada e precisa das características geográficas e ambientais do rio Tibiri, essencial para a elaboração de produtos cartográficos e modelos ambientais de alta qualidade. A resolução das imagens de VANT possibilitam a identificação minuciosa de elementos presentes na área de estudo, melhorando significativamente a acurácia dos dados e a confiabilidade das análises subsequentes.

Os dados obtidos pós aerofotogrametria possuem potencial para o mapeamento do padrão de uso e ocupação das terras, bem como, no

monitoramento da eficácia da recuperação de áreas degradadas, podendo ser incorporado no roteiro metodológico de planos de vulnerabilidade ambiental.

Para recriação do local foi utilizado o método de mosaicagem, no qual consiste na união das fotos advindas do VANT (CHAVES *et al.*, 2015). Foram empregadas técnicas de Ortorretificação das imagens, que segundo Oliveira (2017) é o processo de correção geométrica da imagem, das distorções causadas pelo relevo e conjunto ótico do sensor, resultado do ortomosaico.

Segundo Silva *et al.* (2012) a qualidade dos resultados obtidos em estudos geomorfológicos, que metodologicamente fazem uso do processamento digital, é definida pela qualidade dos dados primários, portanto, as imagens obtidas neste estudo, se revelam com uma elevada acurácia na construção dos modelos.

A área absoluta, sujeita a análise neste trabalho, corresponde a 1.075,59 hectares, que compreende a totalidade do alto curso do rio Tibiri, suas nascentes, além de abranger toda zona de carga e descarga e o universo de impactos no trecho da sub-bacia hidrográfica.

O processo de construção individual de cada parâmetro obedeceu às orientações de especificidade escalar e de resolução espacial, considerando a abordagem da análise multicritério, foram utilizadas as ferramentas de processamento do software QGIS 3.10.

#### 4.4 METODOLOGIA PARA MODELO DE GOVERNANÇA

A metodologia para a análise de governança em sistemas socioecológicos é baseada em um quadro conceitual que considera múltiplos atributos e suas interações. O fluxograma do modelo de governança, conforme Figura 5, que descreve os principais componentes e suas relações na análise da governança. A seguir, descrevem-se os elementos e suas interações nos seguintes passos:

##### 1. Atributos Biofísicos

- Referem-se às características físicas e ambientais do sistema, incluindo aspectos como clima, hidrografia, geologia e uso da terra. Estes atributos influenciam diretamente as ações e decisões tomadas dentro do sistema.

##### 2. Atributos da Comunidade

- Incluem fatores sociais, econômicos e culturais da comunidade envolvida no sistema. Aspectos como estrutura social, práticas culturais, economia local e coesão social são considerados para entender a dinâmica comunitária.

### 3. Regras em Uso

- Representam as normas, regulamentos e políticas que orientam o comportamento dos indivíduos e grupos dentro do sistema. Estas regras podem ser formais (leis e regulamentos) ou informais (costumes e tradições) e são fundamentais para a governança.

### 4. Ação / Situação

- Refere-se às situações específicas que demandam ações por parte dos atores envolvidos no sistema. Estas ações são influenciadas pelos atributos biofísicos, da comunidade e pelas regras em uso.

### 5. Interações

- Envolve as interações entre os diversos atores do sistema, incluindo indivíduos, grupos comunitários, organizações e instituições governamentais. As interações determinam como as ações são implementadas e os resultados alcançados.

### 6. Critérios de Avaliação

- São os parâmetros utilizados para avaliar o desempenho do sistema de governança. Critérios como equidade, eficiência, sustentabilidade e resiliência são considerados para medir a eficácia das ações e das regras em uso.

### 7. Resultados Esperados

- São os objetivos que se pretende alcançar com as ações e a governança implementada. Estes resultados incluem melhorias na gestão dos recursos naturais, aumento da resiliência da comunidade e preservação dos atributos biofísicos.

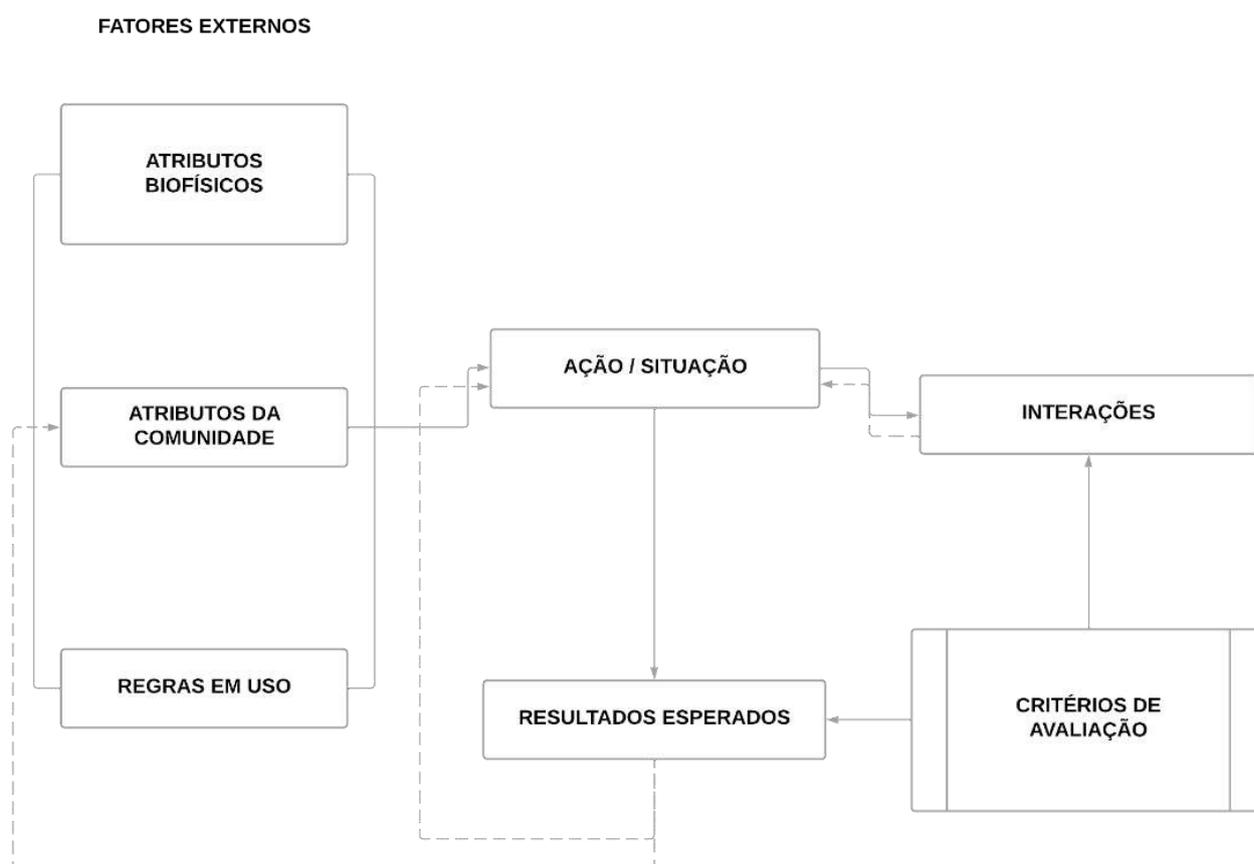
Os atributos biofísicos e da comunidade fornecem o contexto para as ações e situações específicas que ocorrem dentro do sistema. As regras em uso orientam essas ações, influenciando as interações entre os diferentes atores. As

interações, por sua vez, são avaliadas com base em critérios de avaliação que medem a eficácia e a sustentabilidade das práticas de governança. Os resultados esperados são retroalimentados no sistema, ajustando as regras e as ações futuras para melhorar a governança.

Este modelo de governança fornece um quadro abrangente para analisar e melhorar a gestão de sistemas socioecológicos, garantindo que as ações tomadas sejam informadas, inclusivas e sustentáveis.

Para analisar o monitoramento da governança, foi utilizado o diagrama de Análise Institucional e Desenvolvimento (IAD), conforme adaptado de Ostrom (2011, p. 11), que permite uma compreensão detalhada das interações entre os diferentes componentes e atores envolvidos no sistema socioecológico, conforme ilustrado na Figura 4.3.

**Figura 4.3** - Diagrama teórico-metodológico para a Análise Institucional e Desenvolvimento (IAD)



**Fonte:** Adaptado de Ostrom (2011, p. 11).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão discutidos os resultados do estudo. Primeiramente, serão mostrados os mapas construídos com os dados coletados, oferecendo uma visão detalhada da área de estudo e suas dinâmicas ambientais e sociais. Em seguida, será apresentada a modelagem da vulnerabilidade à erosão, destacando as áreas mais suscetíveis. Por fim, será discutido o quadro da governança utilizando o diagrama de Análise Institucional e Desenvolvimento (IAD).

### 5.1 MAPA DA HIPSOMETRIA

A média da altimetria na área de estudo do rio Tibiri é de 79 metros, com mínimo de 39, máximo 101 em um intervalo de 62 m, com o desvio padrão de 7 metros, conforme relatório sumário das estatísticas zonais descrito na Tabela 5.1.

Trentin e Robaina (2005) comentam que o mapa hipsométrico tem fundamental importância na análise da energia do relevo, indicando condições mais propícias à dessecação para as áreas de maior altitude e de acumulação para as áreas de menor altitude.

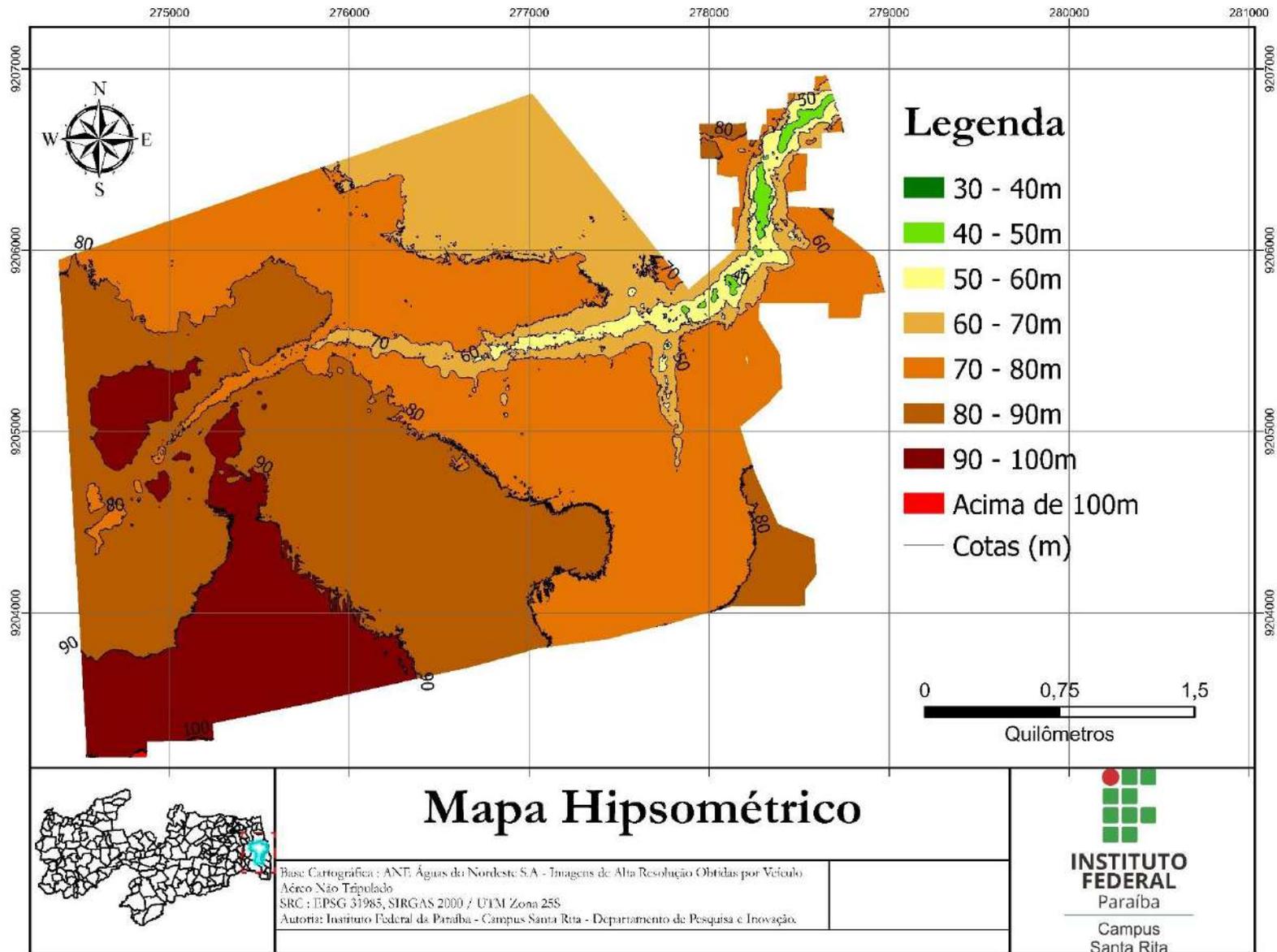
A análise da hipsometria da área de estudo revela que a variação altimétrica contribui para uma maior perda de água da sub-bacia. Esse fenômeno, combinado com outros fatores, pode aumentar a susceptibilidade à erosão, conforme ilustrado na Figura 5.1.

**Tabela 5.1** - Sumário de Estatísticas Zonais da Hipsometria

<b>Estatísticas zonais</b>	<b>Hipsometria</b>
Média	79 m
Mínimo	39 m
Máximo	101 m
Intervalo	62 m
Desvio Padrão	7 m

**Fonte:** Autor, 2023.

Figura 5.1 - Mapa Hipsométrico na área de estudo do rio Tibiri



Fonte: Autor, 2023.

## 5.2 MAPA DA DECLIVIDADE

A partir do MDE foi produzido o mapa de declividade e extraídas outras variáveis de interesse, que juntamente às informações temáticas, ampararam a avaliação da suscetibilidade à erosão na área de estudo do rio Tibiri.

O relevo tem integral importância no processo erosivo, principalmente por ser a declividade o fator responsável pela maior ou menor infiltração das águas das chuvas. A Tabela 2 apresenta a distribuição absoluta e relativa das classes de relevo na área de estudo do rio Tibiri.

Observa-se que 501 hectares da área estudada apresentam relevo suave ondulado, porém, declividades maiores que 45% podem ser notadas às margens do curso principal do rio Tibiri, além dos seus principais afluentes, conforme ilustrado na Figura 5.2, reforçando o cuidado aos limites das áreas de preservação permanente, assim como toda área de drenagem da sub-bacia.

Conforme mencionado, o relevo da área foi discretizado a partir do MDE, a classificação seguiu a metodologia adotada na EMBRAPA (1998), que subdivide as declividades em seis classes de relevo.

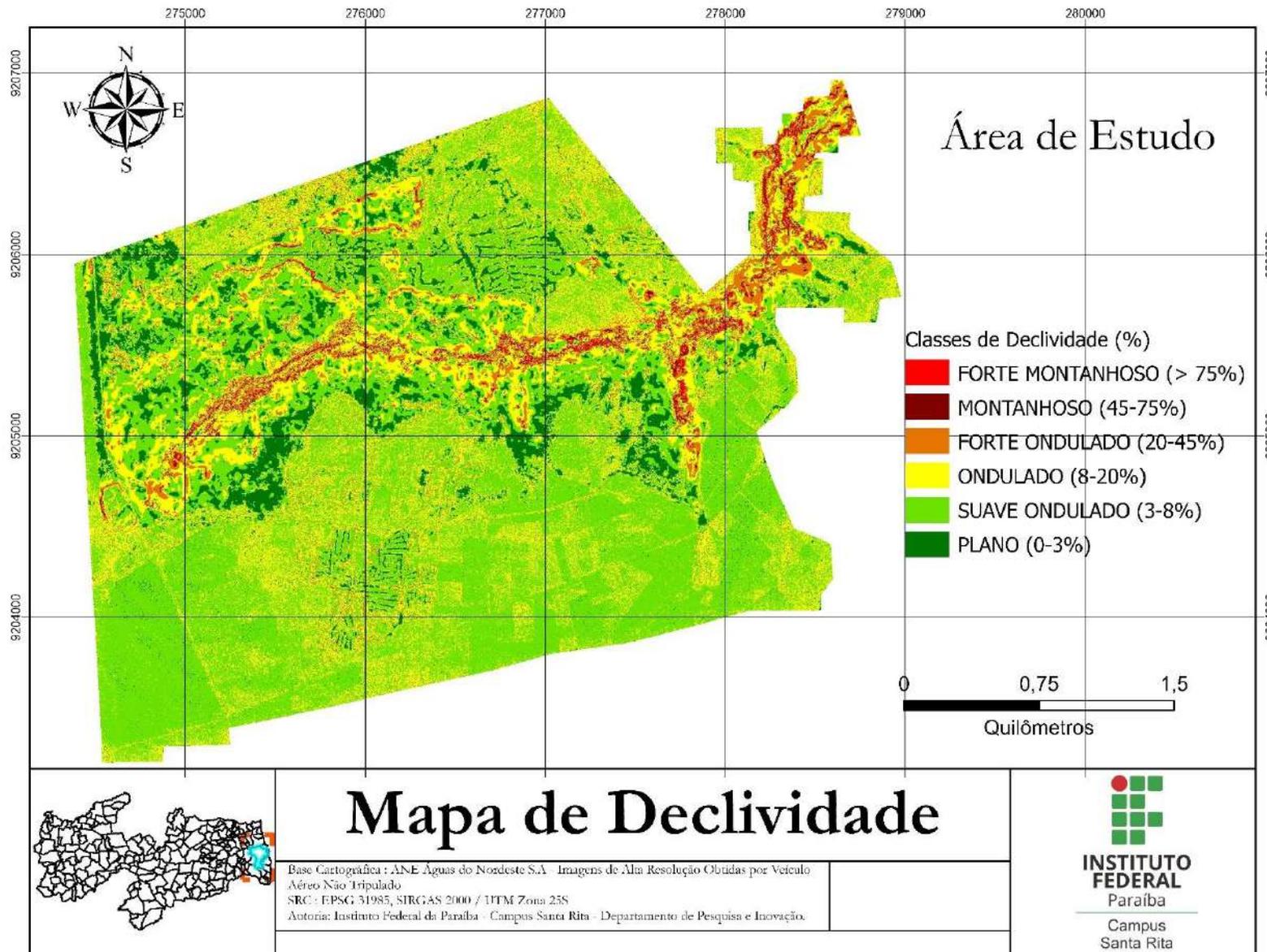
A análise da declividade é crucial para a identificação de áreas de risco de erosão, pois inclinações mais acentuadas aumentam o escoamento superficial e reduzem a infiltração, promovendo a degradação do solo. Além disso, áreas com alta declividade exigem práticas de manejo específicas para controlar a erosão, que ajudam a estabilizar o solo e reduzir o impacto das chuvas intensas e dos outros fatores que podem contribuir a vulnerabilidade.

**Tabela 5.2** - Distribuição relativa e absoluta das classes de relevo na área de estudo.

<b>Classe de relevo</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Plano	0 – 3	151	14
Suave ondulado	3 - 8	501	47
Ondulado	8 – 20	318	30
Forte ondulado	20 – 45	83	8
Montanhoso	45 – 75	14	1
Forte montanhoso	> 75	8	1
<b>Total</b>	-	<b>1.075</b>	<b>100</b>

Fonte: Autor, 2023.

Figura 5.2 - Mapa de Declividade na área de estudo do rio Tibiri



Fonte: Autor, 2023.

### 5.3 MAPA DOS SOLOS

A área de estudo do rio Tibiri é constituída pelas seguintes classes de solo, conforme apresentado na Tabela 5.3.

**Tabela 5.3** – Quantificação do Domínio Pedológico na área de estudo.

<b>Domínio Pedológico</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Podzólico Hidromórfico	454	42
Podzólico Vermelho Amarelo	615	57
Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico	6	1
<b>Total</b>	<b>1.075</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Adaptado EMBRAPA Solos do Nordeste.

Foram mantidas as antigas classificações, para fins de preservação da fonte, compreendendo que a nomenclatura para solos Podzólicos, encontram-se com nova classificação para Argissolos.

As classes de Argissolos Vermelho Amarelo e Hidromórfico são as classes mais importantes do ponto de vista da extensão em toda a área do mapeamento, ocupando, praticamente, a maioria dos interflúvios tabulares conforme ilustrado na Figura 5.4.

Segundo Cavedon; Shinzato (2000) os solos Podzólicos Vermelho-Amarelos são classes muito susceptíveis à erosão, por ocasionar sulcos que carregam águas de enxurradas e se tornam cada vez mais profundos, degradando os solos e encostas. A retirada da vegetação florestal natural é um dos fatores preponderantes para a degradação, devido aos efeitos diretos causados sobre os solos.

A classe Podzol Hidromórfico compreende solos de textura muito arenosa, nesse nível, costuma ocorrer o lençol freático, afirmação que corrobora com o levantamento realizado em campo, onde é possível verificar diversas drenagens de afluentes e lagoas na área de estudo do rio Tibiri.

Os Podzóis são pouco utilizados para agricultura, no entanto, têm predisposição minerária para retirada da areia branca lavada, o que ocasiona forte degradação no solo devido a suas características citadas anteriormente.

O perfil de solo apresentado na Figura 5.3, sugere uma extração intensiva, típica das atividades de mineração de areia, que são comuns na região do alto curso do rio Tibiri.

As camadas visíveis indicam a remoção da camada vegetal e a exposição de horizontes do solo, que variam em textura e composição, sugerindo uma possível alteração da estrutura do solo original, com potenciais impactos na hidrologia local e na estabilidade do ecossistema.

**Figura 5.3** - Perfil do solo arenoso na área de estudo do rio Tibiri

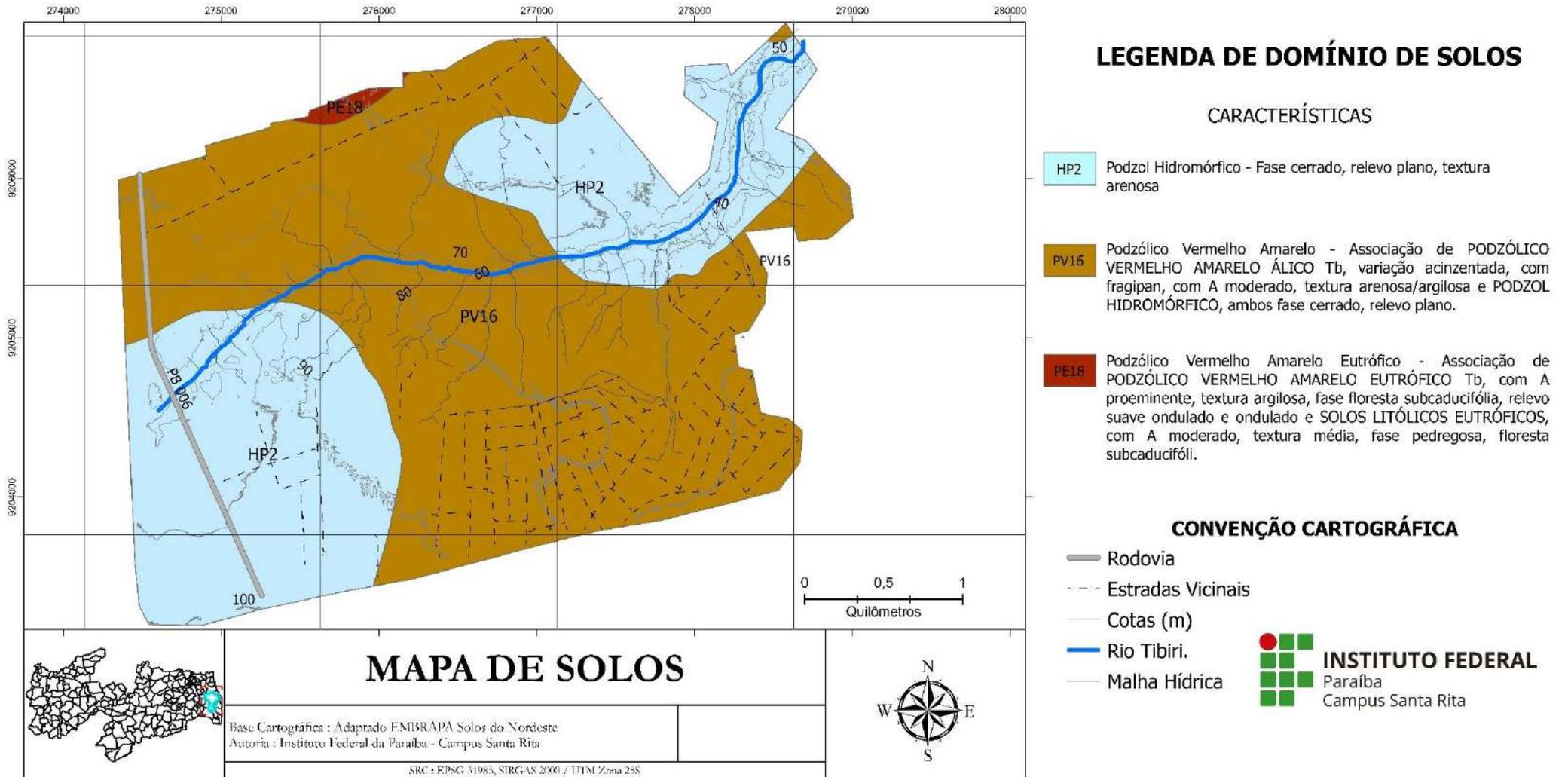


**Fonte:** Autor, 2022.

Dentre as fases que constituem o processo erosivo, a ação das gotas da água da chuva sobre os agregados representa a primeira etapa da erosão (Bertoni; Lombardi Neto, 1993; Guerra, 2005).

Em superfícies de declive, a topografia exerce influência na direção da distribuição do material, tendo geralmente, maior deslocamento das partículas na direção da baixa encosta (Mouzai; Bouhadeb, 2011).

**Figura 5.4 - Mapa de Domínio de Solos na área de estudo do rio Tibiri**



Fonte: Autor, 2023.

## 5.4 MAPA DA GEOLOGIA

A área de estudo do rio Tibiri é composta por 87% da unidade litoestratigráfica cenozoica do grupo Barreiras e 13% do grupo depósitos fluvio marinhos, conforme apresentado na Tabela 4.

Para fins comparativos, foram elencados na atribuição das classes e pesos, presentes na Tabela 5.4, as litologias encontradas no município de Santa Rita-PB, embora os mesmos não figurem no cenário da área de estudo do rio Tibiri, são elas; depósitos colúvio-eluviais: sedimento arenoso, areno-argiloso e conglomerático – *NQc*; a Formação Beberibe (be): arenito mal selecionado, arenito calcífero (fluvial entrelaçado e transicional) - *K2be*; e o Complexo Sertânia: gnaisse, mármore, quartzito, metavulcânica máfica (2100 Ma U-Pb) - *PP2se*.

Cavedon e Shinzato (2000), apresentam os sedimentos do grupo Barreiras com características litológicas de arenitos imaturos, finos a granulosos, com níveis argilosos e conglomeráticos, sendo enquadrados como moderado à alto na classificação erosiva, combinado a outros fatores intervenientes.

Para fins de visualização estratificada, foi adido ao mapa litográfico um perfil geológico, que oferece concomitante, um perfil topográfico, criado a partir do MDE, interpolando a ligação entre as amostras A e B, conforme ilustrado na Figura 5.5

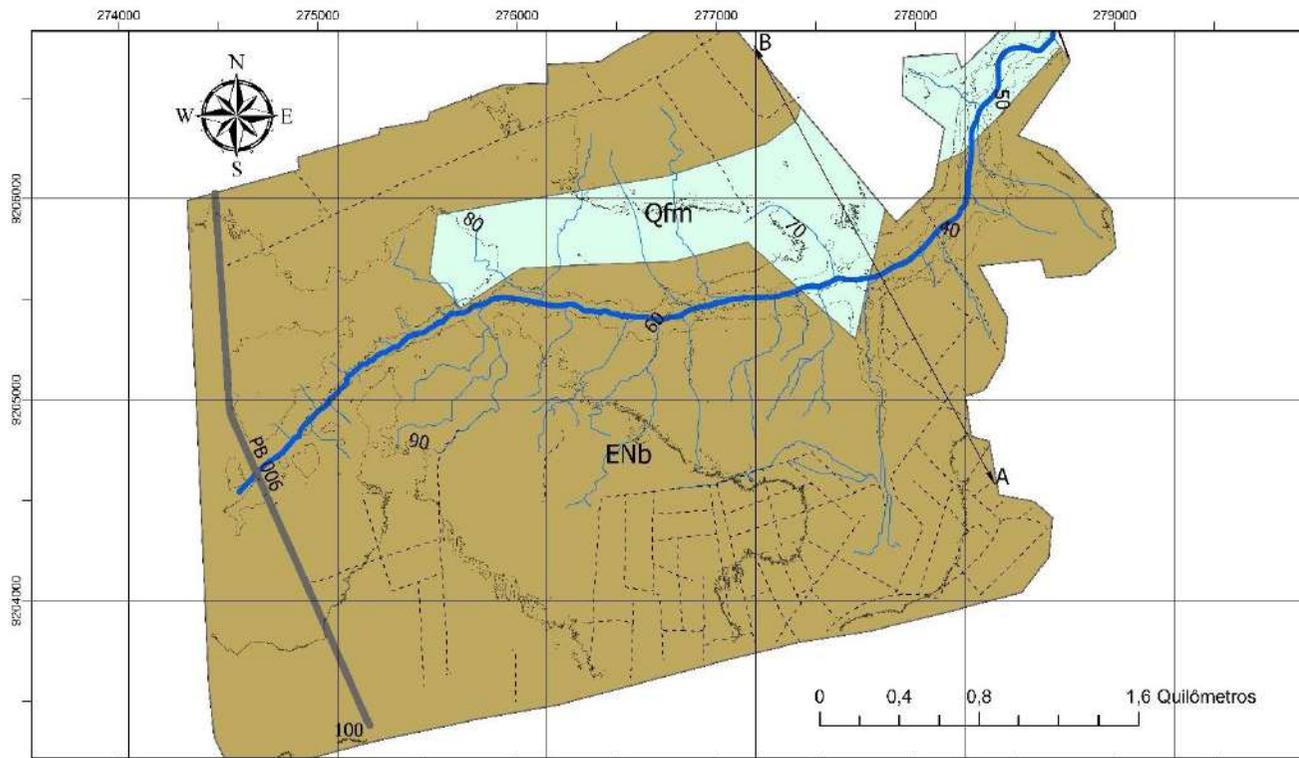
A análise dos perfis geológicos permite identificar zonas de fraqueza, como camadas de arenito mais suscetíveis à erosão, e áreas de maior resistência, como os depósitos conglomeráticos. Essas informações são fundamentais para o planejamento de medidas de conservação do solo e de gestão dos recursos hídricos, contribuindo para a mitigação de riscos ambientais e para o desenvolvimento sustentável da região.

**Tabela 5.4** - Quantificação das áreas absolutas e relativas no Mapa Litológico

<b>Domínio Litológico</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>%</b>
Qfm	139	13
ENb	936	87
<b>Total</b>	<b>1.075</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Autor, 2023.

Figura 5.5 - Mapa geológico na área de estudo do rio Tibiri



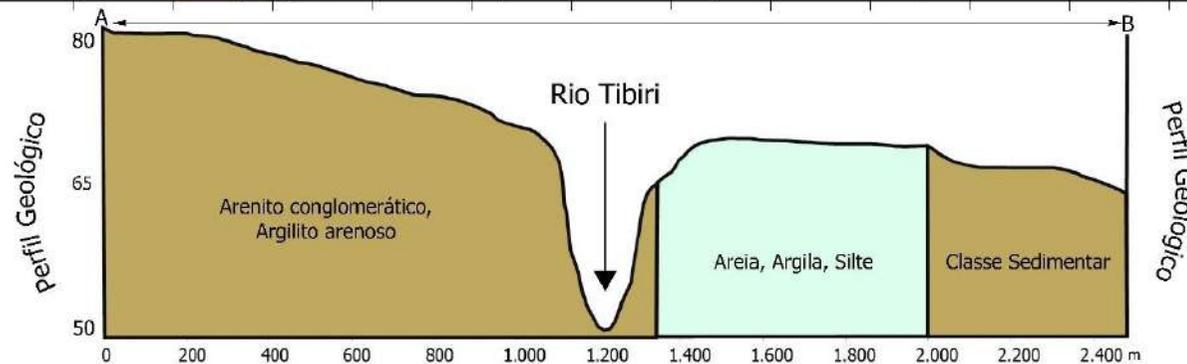
## UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

### Cenozóico

- Qfm** Depósitos flúvio-marinhos (fm): depósitos indiscriminados de pântanos e mangues, flúvio-lagunares e litorâneos
- ENb** Grupo Barreiras (b): arenito e conglomerado, intercalções de silto e argilito

## CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Rodovia
- Estradas Vicinais
- Cotas (m)
- Amostra do Perfil Geológico
- Rio Tibiri
- Malha Hídrica



## MAPA GEOLÓGICO

Base Cartográfica : GeoSGB CPRM  
SRC : EPSG 31985, SIRGAS 2000 / UTM Zona 25S  
Autoria: Instituto Federal da Paraíba - Campus Santa Rita

## 5.5 MAPA DA CLIMATOLOGIA (PLUVIOSIDADE)

Segundo a CPRM (2005), o clima do município de Santa Rita é do tipo Tropical Chuvoso com verão seco. O período chuvoso começa no outono, iniciando em fevereiro e terminando em outubro.

Com o objetivo de obter informações pluviométricas mais precisas para a região de estudo, foi confeccionado um mapa específico da média anual de precipitação para a área de estudo do rio Tibiri. A base de dados consultada incluiu as isoietas obtidas na plataforma da AESA (2024). Os dados foram tratados no software QGIS 3.36, utilizando técnicas de interpolação espacial.

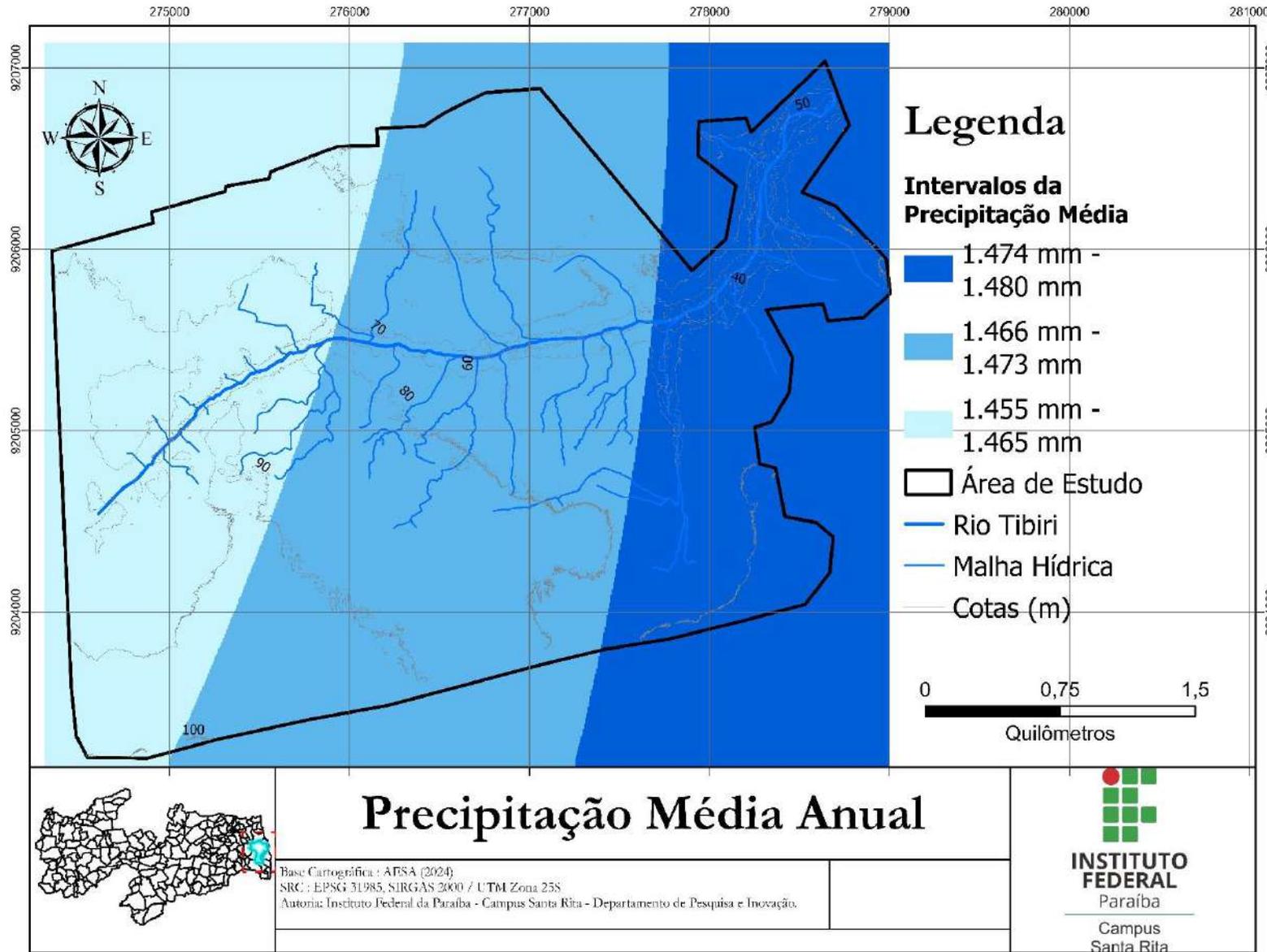
Para a interpolação espacial, foi utilizada a técnica de Inverso da Distância Ponderada (IDW), elevada ao quadrado para ponderação. Essa técnica permite estimar valores de precipitação em locais não monitorados diretamente, baseando-se na influência dos pontos de medição mais próximos, ponderando pela distância. Como resultado, a média de precipitação anual no cenário estudado foi de 1.468,83 mm, conforme ilustrado na Figura 5.6.

Precipitações pluviométricas de maior intensidade e frequência aumentam o risco de ocorrência de erosão. Segundo Santos *et al.* (2010), a relação entre chuvas e erosão é mais pronunciada quando associada a condições de relevo acentuado, características de solo desfavoráveis, e uso e manejo inadequados do solo.

A alta pluviometria contribui para a saturação do solo, aumento do escoamento superficial e potencializa os processos erosivos. Em locais com relevo movimentado e solos arenosos, como os encontrados no alto curso do Rio Tibiri, a elevada quantidade de chuvas pode intensificar a degradação do solo, causar deslizamentos e transportar sedimentos para os corpos d'água, prejudicando a qualidade da água e a estrutura dos ecossistemas aquáticos.

Portanto, a gestão adequada e a implementação de práticas de conservação do solo na área de estudo do rio Tibiri são essenciais para mitigar os impactos negativos desse elevado regime pluviométrico. Além disso, o monitoramento contínuo das condições ambientais e a participação das comunidades locais na preservação dos recursos hídricos são fundamentais para garantir a resiliência do ecossistema e prevenir a erosão.

Figura 5.6 - Mapa de Pluviosidade na área de estudo do rio Tibiri



Fonte: Autor, 2024.

## 5.6 MAPA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para fins da análise multicritério, a confecção do mapa de uso e ocupação do solo na região de estudo, torna-se condição *sine qua non*, no processo de interpretação das variáveis que afetam à susceptibilidade erosiva.

Zhou e Troy (2008) relatam que, para mapeamentos mais complexos, com áreas mais heterogêneas, como é o caso da área de estudo do rio Tibiri, imagens de média resolução espacial são insuficientes para análise de cobertura do solo, pelo fato de existir feições com dimensões físicas menores que a área de um pixel.

Imagens aéreas com alta resolução espacial e temporal, contribuem para o alcance de informações em campo, caracterizando problemas antes imperceptíveis, subsidiando a geração mapas temáticos em escala de elevada minúcia.

Nesta etapa, foram utilizadas técnicas combinadas, de classificação por fotointerpretação e vetorização, para a produção do mapa de uso e ocupação. Para determinar a fração da vegetação, em função das outras feições, optou-se pela classificação supervisionada, precedida do tratamento da ortofotografia, aplicando o Índice de Resistência Atmosférica Visível (VARI).

Segundo Gitelson *et al.* (2002), o Índice de Resistência Atmosférica Visível (VARI) foi projetado para enfatizar a vegetação na parte visível do espectro, atenuando as diferenças de iluminação e os efeitos atmosféricos. É ideal para imagens RGB ou coloridas, utiliza as três bandas de cores, a fórmula relacionada ao índice pode ser observada na Equação 1.

$$VARI = (Green - Red)/(Green + Red - Blue) \quad (1)$$

Embora essa técnica não utilize a banda do infravermelho, comumente utilizada em classificações de vegetação, foi possível diferenciar as frações predominantes da vegetação no alto curso do rio Tibiri, bem como das demais feições presentes na área, devido ao grande esforço humano retificando a geração de inúmeros polígonos diminutos, minimizando a contaminação de classes.

A área delimitada do rio Tibiri que faz parte da análise deste trabalho, tem uma extensão total de 1.075,59 hectares, dos quais 48,49% apresentam a classificação de solo exposto.

A agricultura, especificamente do abacaxi, predominante na região, corresponde a 87,30 hectares, importante ressaltar que foram classificadas áreas de cultivo ativas, algumas regiões apresentaram sinais de entressafra e foram classificadas como solo exposto, essa interpretação foi conferida com apoio de campo através de visita *in loco*.

A vegetação foi classificada em remanescente de Mata Atlântica, vegetação secundária e degradada, os percentuais de cada classe podem ser observados na Tabela 5.5.

Além do solo exposto, uma classe se destaca na contribuição da vulnerabilidade ambiental à suscetibilidade erosiva, as áreas degradadas por mineração, que correspondem a 155,74 hectares na área de estudo do rio.

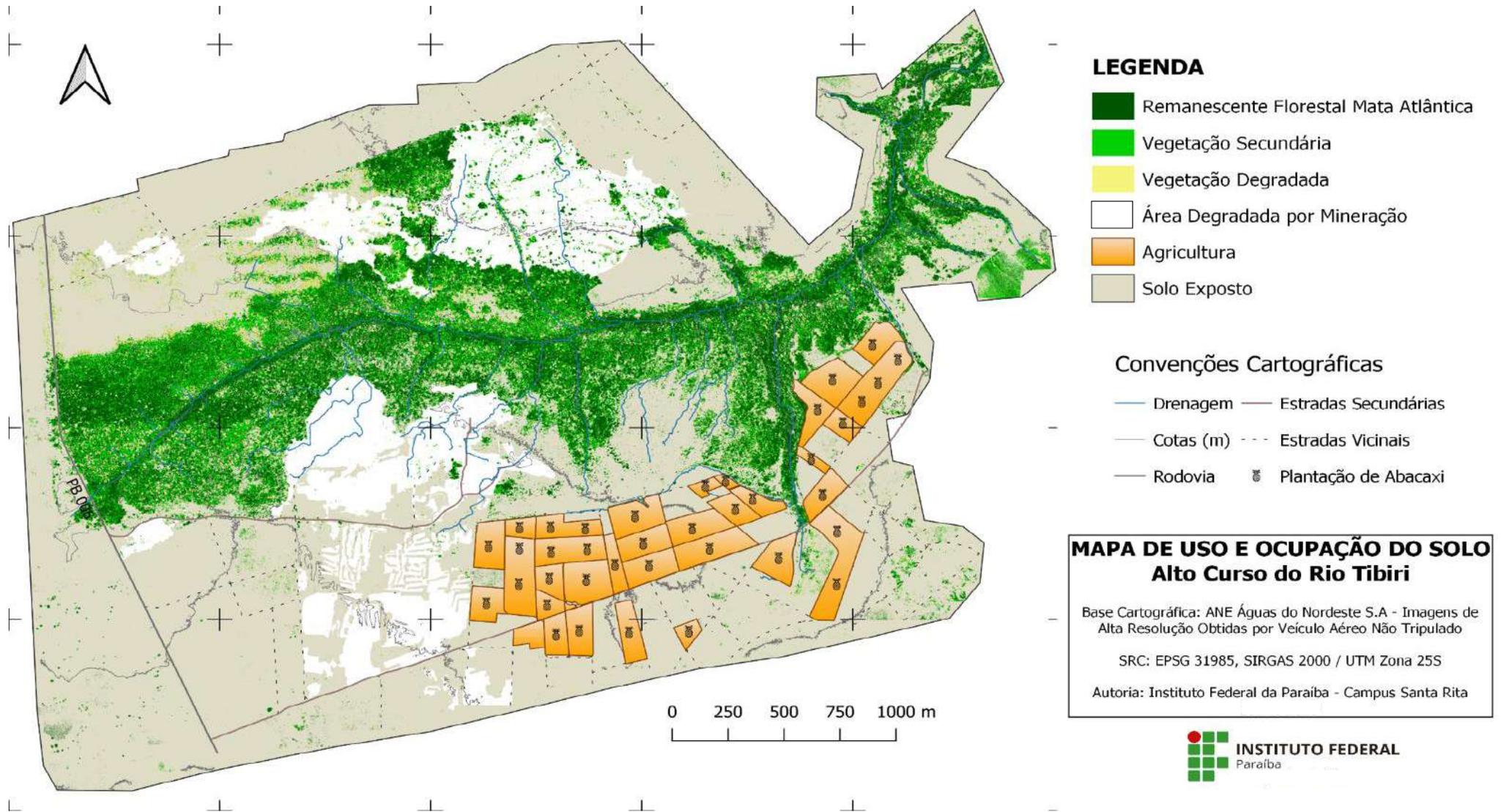
Todas as feições podem ser observadas na Figura 5.7, que representa o mapa de uso e ocupação do solo na área delimitada para o estudo.

**Tabela 5.5** – Quantificação das áreas absolutas e relativas

<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Remanescente de Mata Atlântica	137,99	12,83
Vegetação secundária e degradada	172,90	16,07
Agricultura (abacaxi)	87,30	8,12
Área degradada por mineração	155,74	14,48
Solo exposto	521,63	48,50
<b>Total</b>	<b>1.075,59</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** Autor, 2023.

Essa distribuição evidencia a necessidade de implementar práticas de conservação do solo e recuperação ambiental. A revegetação de áreas degradadas, o controle de práticas mineradoras e agrícolas, e a proteção dos remanescentes florestais são essenciais para melhorar a infiltração de água, reduzir o escoamento superficial e prevenir a erosão, contribuindo para a sustentabilidade dos recursos naturais e a resiliência do ecossistema do alto curso do rio Tibiri.



## 5.7 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Segundo Moura (2007), na análise multicritério, os mapas finais são elaborados a partir do cruzamento dos parâmetros estabelecidos para as variáveis.

Apesar da importância e necessidade de analisar os fatores de uma maneira integrada, para a aplicação, a metodologia multicritério deve ser pensada de modo isolado a cada item. A relação entre as variáveis resulta da aplicação do modelo, que necessariamente cruza todos os componentes.

Ajustando a análise de multicritério, foram estabelecidos pesos (0 – 100%) para cada variável de forma a distinguir o grau de relevância e correlação com o fenômeno em estudo (vulnerabilidade ambiental à susceptibilidade erosiva), e notas (1 a 5) para cada item, de pronto que, quanto maior a nota, maior a susceptibilidade erosiva (1: muito baixa; 2: baixa; 3: média; 4: alta; 5: muito alta).

Para sistematizar todo universo de dados coletados e organizados na modelagem algébrica aplicada no trabalho foi confeccionado a Tabela 5.6. Trata-se da atribuição dos respectivos pesos e valores para cada tema e classes obtidas no decorrer das análises, enfatizando o grau de vulnerabilidade de cada parâmetro à susceptibilidade erosiva.

A atribuição dos pesos utilizados no modelo foi realizada através de uma análise minuciosa do cenário local, baseada tanto em dados da literatura quanto em informações de campo. Esta etapa é crucial para os resultados do trabalho, pois foram realizadas diversas pesquisas bibliográficas sobre a atribuição de pesos aplicados a técnicas multicritério. É importante ressaltar que nenhum modelo analisado foi replicado na sua totalidade, em vez disso, buscou-se avaliar as características intrínsecas presentes na área de estudo do rio Tibiri e suas nuances. Com isso, foi possível propor um modelo que se adequasse especificamente ao cenário estudado, garantindo maior precisão e relevância dos resultados obtidos.

A modelagem matemática que define o Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à Susceptibilidade Erosiva na área de estudo do rio Tibiri pode ser observado na Equação 2.

$$MVA = [(declividade) * 0.30 + (geologia) * 0.05 + (solos) * 0.15 + (pluviosidade) * 0.15 + (uso do solo) * 0.35] \quad (2)$$

**Tabela 5.6** – Atribuição de pesos e valores às classes na análise multicritério

<b>TEMA</b>	<b>PESO</b>	<b>VALOR</b>	<b>VULNERABILIDADE</b>	<b>CLASSES</b>
Declividade	30%	1	Muito Baixa	0 – 3%
		2	Baixa	3 - 8%
		3	Moderada	8 – 20%
		4	Alta	20 – 45%
		5	Muito Alta	> 45%
<b>TEMA</b>	<b>PESO</b>	<b>VALOR</b>	<b>VULNERABILIDADE</b>	<b>CLASSES</b>
Geologia	5%	2	Baixa	PP2se
		3	Moderada	K2be
		3	Moderada	NQc
		3	Moderada	Qfm
		4	Alta	ENb
<b>TEMA</b>	<b>PESO</b>	<b>VALOR</b>	<b>VULNERABILIDADE</b>	<b>CLASSES</b>
Solos	15%	1	Muito Baixa	Leito de Rocha
		2	Baixa	Latossolos
		3	Moderada	PVA Eutrófico
		4	Alta	PH
		5	Muito Alta	PVA
<b>TEMA</b>	<b>PESO</b>	<b>VALOR</b>	<b>VULNERABILIDADE</b>	<b>CLASSES</b>
Pluviosidade	15%	1	Muito Baixa	300 – 550 mm
		2	Baixa	550 – 800 mm
		3	Moderada	800 – 1050 mm
		4	Alta	1050 – 1300 mm
		5	Muito Alta	> 1300 mm
<b>TEMA</b>	<b>PESO</b>	<b>VALOR</b>	<b>VULNERABILIDADE</b>	<b>CLASSES</b>
Uso e Ocupação	35%	1	Muito Baixa	Mata Atlântica
		2	Baixa	Vegetação Secundária
		3	Moderada	Agricultura
		4	Alta	Solo Exposto
		5	Muito Alta	Área Degradada (Mineração)

Fonte: Autor, 2023.

## 5.8 VULNERABILIDADE À EROSÃO

A análise da vulnerabilidade à erosão na área delimitada do rio Tibiri foi conduzida utilizando uma abordagem integrada, que considerou diversos fatores ambientais e antrópicos. Este estudo buscou identificar as áreas mais susceptíveis à erosão, visando fornecer subsídios para a implementação de práticas de conservação do solo e gestão sustentável dos recursos hídricos. Através da modelagem dos dados de relevo, geologia, uso do solo e precipitação, foi possível mapear as áreas de maior risco.

Os resultados possibilitaram identificar que 344,29 hectares na área de estudo do rio Tibiri está classificada como moderada susceptibilidade à erosão, seguida pelas classes de muito baixa e baixa fragilidade com 153,88 e 324,24 hectares respectivamente.

Notadamente os referentes índices foram influenciados devido às declividades dominantes, suave ondulado, ocupantes de 47% do território analisado. A classe que considera alta a susceptibilidade erosiva, corresponde a 92,69 hectares na região estudada.

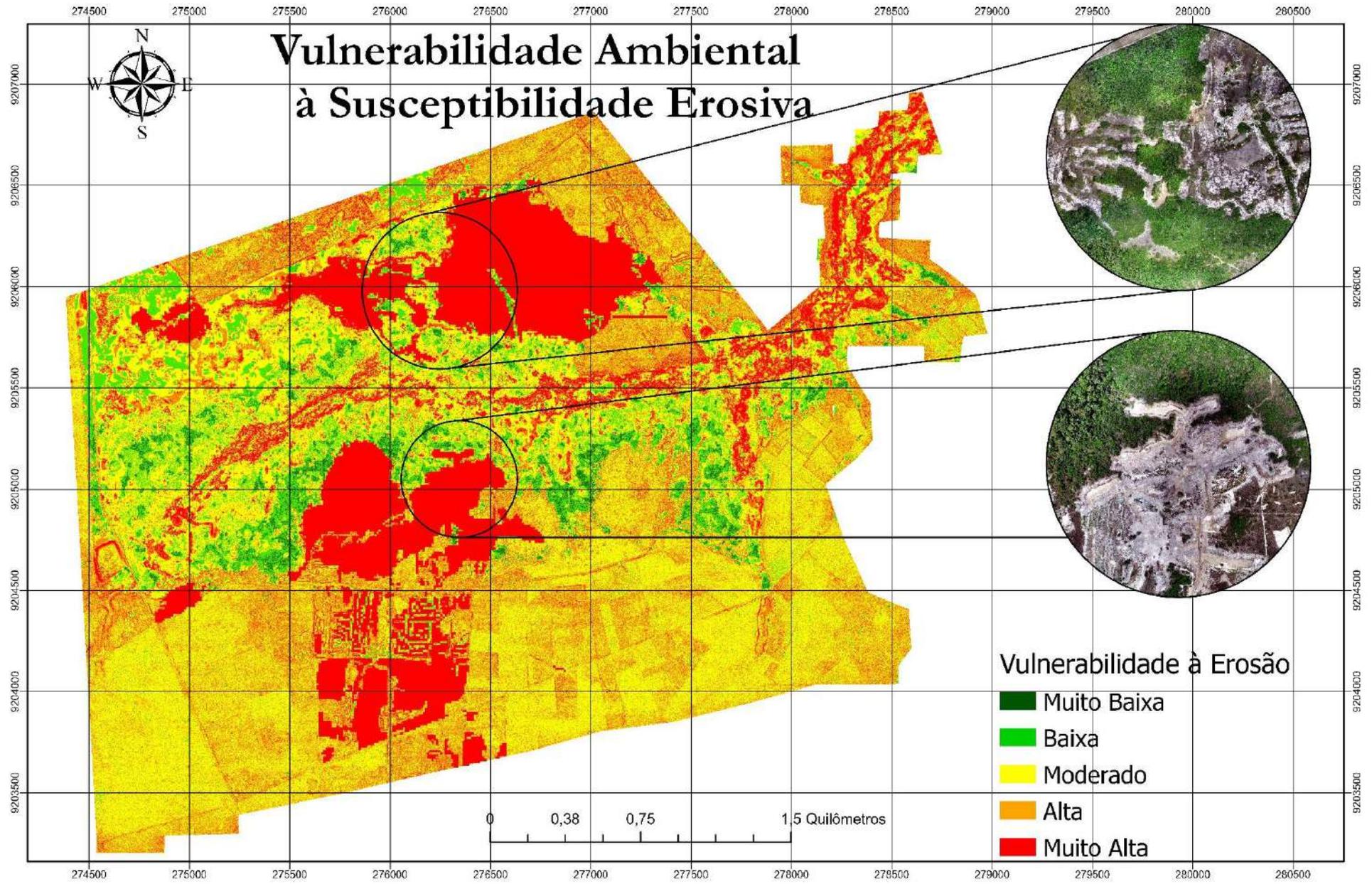
A classe estimada como muito alta à susceptibilidade erosiva, obteve 160,49 hectares, o resultado se deu devido a modelagem dos dados do relevo, com declividades entre o montanhoso e forte montanhoso e ao tipo de geologia, ao domínio do solo, as fortes precipitações anuais e principalmente a exposição do solo a mineração de areia, ação antrópica predominante na região estudada. O mapa de vulnerabilidade ambiental na área de estudo do rio Tibiri pode ser observado na Figura 5.8 e os dados estatísticos foram agrupados na Tabela 5.7.

**Tabela 5.7** - Áreas absolutas e relativas à susceptibilidade erosiva

<b>Vulnerabilidade à Erosão</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Muito Baixa	153,88	14,31
Baixa	324,24	30,14
Moderado	344,29	31,99
Alta	92,69	8,63
Muito Alta	160,49	14,93
<b>TOTAL</b>	<b>1.075,59</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Autor, 2023.

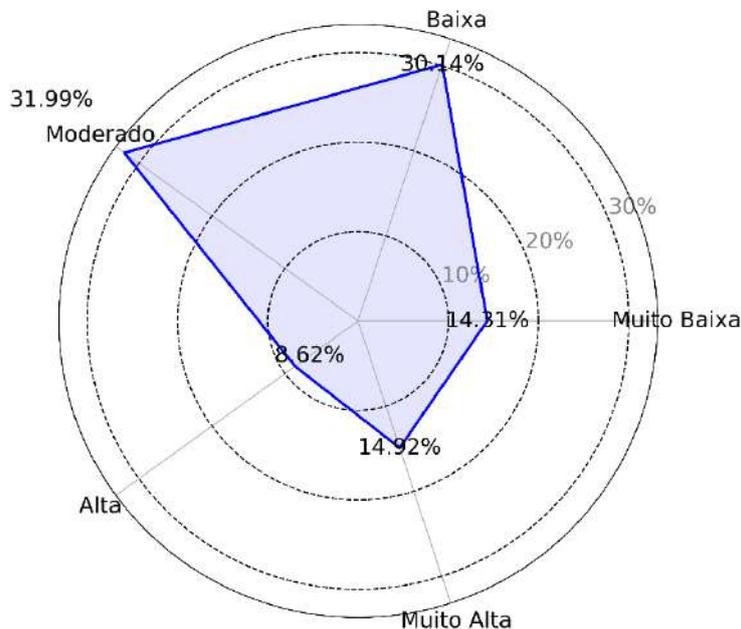
Figura 5.8 - Mapa da Vulnerabilidade Ambiental à Susceptibilidade Erosiva



Fonte: Autor, 2023.

A Figura 5.9 apresenta a indicação das áreas em cada classe de susceptibilidade à erosão apresentada na Tabela 5.8.

**Figura 5.9** - Percentuais da Vulnerabilidade Ambiental à Susceptibilidade Erosiva



**Fonte:** Autor, 2024.

Classe I – Muito baixa vulnerabilidade à susceptibilidade erosiva, corresponde a 14,31%, representa regiões de estabilidade.

Classe II – Baixa vulnerabilidade, corresponde a 30,14%, também representam relativo equilíbrio temporal, devido ao fato da área do entorno ao rio Tibiri ainda possuir resquícios de vegetação nativa, combinada ao relevo plano, minimizando os processos erosivos.

Classe III – Representa moderada vulnerabilidade à susceptibilidade erosiva, conforme mencionado, é o tipo predominante na área de estudo com 31,99%, corroborando com o fato de 48% do território analisado ter o solo exposto e relevo ondulado.

Classe IV – Alta vulnerabilidade erosiva, corresponde 8,63%, sendo a transição de relevos mais acentuados e solos com baixa ou nenhuma cobertura vegetal.

Classe V – Áreas apontadas como muito alta vulnerabilidade ambiental à susceptibilidade erosiva, correspondem a 14,93%, estando localizadas sob as regiões de exploração minerária, com intensa exposição do solo aos mecanismos erosivos e os demais fatores que contribuem ao processo.

Além da modelagem matemática e espacial, foram realizadas incursões na região para validar as análises, conforme ilustrado na Figura 5.10.

**Figura 5.10** - Mosaico de Imagens do processo erosivo no alto curso do rio Tibiri



**Geolocalização:** Ponto A Zona 25 S 276829.16 m E 9205442.27 m S; Ponto B Zona 25 S 277633.89 m E 9205609.05 m S; Ponto C Zona 25 S 276591.93 m E 9205389.66 m S

De acordo com Moura (2007), a análise multicritério é fundamental para a elaboração de estudos que buscam caracterizar a realidade atual e predizer situações futuras.

Neste contexto, é relevante entender que a metodologia de análise multicritério de vulnerabilidade ambiental, é fortemente influenciada pelas alternativas dos fatores de ponderação adotados em cada classe.

O trabalho aqui apresentado tem uma consistência robusta, derivada em grande parte da obtenção de dados recentes e precisos. Estes foram coletados por meio do uso de VANT e visitas *in loco*, garantindo a validação das informações geradas em confronto com a realidade local.

Os resultados obtidos são coerentes com a realidade, já que as áreas identificadas como possuindo solos e compartimentos mais vulneráveis se enquadraram nas classes de alta suscetibilidade à erosão.

Mesmo a área classificada com potencial moderado, que é relativamente extensa, contém regiões de remanescentes de vegetação nativa, incluindo fragmentos de Mata Atlântica, que atenuam os impactos da erodibilidade.

Entretanto, é importante ressaltar que a erosão do solo no alto curso do rio Tibiri é um processo natural, difícil de ser controlado e facilmente acelerado pelas atividades humanas.

A remoção da vegetação natural, a ocupação desordenada do solo e as práticas insustentáveis de uso da terra têm grande influência na intensidade e abrangência dos processos erosivos.

As consequências desses processos podem incluir o assoreamento de nascentes, canais fluviais e áreas de baixio, enxurradas e arraste de sedimentos a grandes distâncias, especialmente devido à elevada precipitação média na região do alto curso do rio Tibiri.

Uma das implicações mais sérias desse fenômeno pode ser a redução da vazão do manancial, comprometendo tanto a irrigação de áreas agrícolas como o abastecimento de água da cidade.

A pressão antrópica, especialmente da atividade mineradora, é outro fator de preocupação. Esta atividade apresentou grande expansão territorial com alto nível de vulnerabilidade aos processos erosivos no período de estudo. Tal expansão pode ser mantida nos próximos anos, considerando o direito minerário concedido na região.

Os resultados apresentados demandam ações urgentes para a proteção do remanescente de vegetação nativa, visando a preservação da região das principais nascentes situadas no alto curso do rio Tibiri.

A Mata Atlântica restante, apesar de reduzida, tem papel crucial na prevenção da erosão. A degradação desse ecossistema compromete tanto o potencial quanto a viabilidade de manejo florestal atual e futuro na área de estudo, dificultando a regeneração das áreas degradadas.

Estudos como os de De Baets *et al.* (2006) destacam a importância da preservação da vegetação nativa na mitigação da erosão do solo, apontando que áreas com cobertura vegetal densa apresentam menor suscetibilidade a processos erosivos. Esta observação é consistente com os achados do presente estudo, onde as áreas classificadas com alta suscetibilidade à erosão são aquelas com cobertura vegetal reduzida ou ausente.

Além disso, a pesquisa de Descroix *et al.* (2001) reforça que a pressão antrópica, especialmente da atividade mineradora, é um fator significativo na intensificação dos processos erosivos. A expansão territorial da mineração na região do alto curso do rio Tibiri, identificada neste estudo, está em conformidade com as tendências observadas em outros contextos similares, onde a mineração aumenta a vulnerabilidade do solo à erosão.

Por fim, a análise de Merten e Minella (2013) sobre os impactos da erosão do solo em bacias hidrográficas no Brasil ressalta a necessidade urgente de ações de conservação para proteger os recursos hídricos. Eles argumentam que a degradação do solo nas áreas de nascente compromete a qualidade e a quantidade da água disponível, afetando tanto a irrigação agrícola quanto o abastecimento urbano. Esses achados sublinham a urgência das medidas de conservação recomendadas no presente estudo para proteger as nascentes do rio Tibiri e garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos na região.

## 5.9 ESTRATÉGIAS DE GOVERNANÇA NA ÁREA DE ESTUDO

### 5.9.1 Situação Atual e Instrumentos Existentes

No município de Santa Rita, a Secretaria de Meio Ambiente foi criada em 2017. O Conselho de Meio Ambiente local tem a função de formular políticas

ambientais, mas enfrenta desafios relacionados à efetividade e abrangência de suas ações.

O rio Tibiri, sendo um afluente do rio Paraíba, desempenha um papel importante no abastecimento humano regional. As questões relacionadas ao rio Tibiri são discutidas no Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba (CBH-Paraíba). Este comitê, que integra o Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos, proporciona um fórum para a deliberação sobre a gestão dos recursos hídricos.

Uma das principais estratégias de governança ambiental do rio Tibiri foi a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Tibiri, estabelecida pelo Decreto Municipal nº 29/2023 (Prefeitura Municipal de Santa Rita, 2023). Registrada no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), a APA visa proteger as áreas de nascentes e a vegetação nativa remanescente, essenciais para a conservação da biodiversidade e a mitigação dos processos erosivos que afetam o alto curso do rio.

A criação da APA é uma iniciativa fundamental para assegurar a proteção dos recursos naturais e melhorar a qualidade de vida das comunidades locais.

Segundo o decreto, a APA do rio Tibiri é coordenada por um Conselho de Gestão Colegiada, composto por representantes da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento (SEAPPA), a empresa concessionária responsável pelo abastecimento de água e esgoto, e um membro da sociedade civil organizada. Este conselho é responsável por supervisionar, administrar e fiscalizar a APA, além de elaborar e aprovar o Plano de Manejo da área.

No entanto, apesar da composição do conselho, existem críticas quanto à ausência de representantes de instituições de ensino e pesquisa. A inclusão desses representantes poderia enriquecer o planejamento e a implementação de políticas ambientais com base em evidências científicas.

Além disso, a pressão antrópica, especialmente da atividade mineradora, permanece uma preocupação constante, contribuindo para a degradação do solo e a erosão na região. A delimitação atual da APA não é condizente com os principais impactos da região, pois o polígono definido no decreto não abrange as áreas mais afetadas pelas atividades mais intensas, exacerbando a vulnerabilidade do solo à erosão, conforme demonstrados neste trabalho.

Apesar das estruturas e estratégias estabelecidas para a governança ambiental do rio Tibiri, é evidente a necessidade de melhorar a inclusão de diferentes setores e aumentar a eficácia das medidas de conservação.

Diante dos resultados deste estudo, foi possível delinear um curso de ação para a sustentabilidade hídrica na região do estudo no rio Tibiri, sugerindo estratégias de gestão baseadas em evidências científicas para mitigar os impactos ambientais e promover a conservação dos recursos hídricos na região.

### **5.9.2 Quadro Integrativo da Governança Ambiental**

Este tópico condensa as proposições de governança ambiental derivadas do arcabouço teórico examinado, visando endereçar os desafios sustentáveis específicos desta área crítica.

Foi abordado propostas pragmáticas, respaldadas por um entendimento profundo das dinâmicas biofísicas, sociais e legislativas, com o objetivo de fomentar uma gestão que seja ao mesmo tempo inclusiva, efetiva e resiliente

O Quadro 1, apresentado neste trabalho não é apenas um mapa conceitual, mas uma representação esquemática da complexidade inerente à governança ambiental.

Ele incorpora e integra múltiplos elementos — biofísicos, sociais, legais e práticos — cada um refletindo aspectos fundamentais para o entendimento e a ação dentro do contexto ambiental da sub-bacia.

O quadro para a governança ambiental do rio Tibiri opera dentro do contexto do *Institutional Analysis and Development* (IAD), proposto por Ostrom *et al.* (1997), que estrutura as interações em uma configuração de governança, conforme delineado na metodologia.

Este modelo analisa como os atributos biofísicos, como vegetação e solos, e os atributos da comunidade, incluindo diversidade sociocultural e práticas de gestão de recursos locais, moldam as ações situacionais — as decisões práticas tomadas por agentes locais.

Estas, por sua vez, levam a interações e resultados que são avaliados contra critérios estabelecidos para medir o sucesso das iniciativas de governança, como a melhoria da qualidade da água e a conservação do solo.

As normas em vigor, incluindo legislação e decretos locais, orientam estas ações e interações, visando fortalecer a governança e a sustentabilidade da sub-

bacia. Entre essas normas estão as legislações gerais e o decreto específico de criação da APA.

A criação de um fórum específico para a sub-bacia do rio Tibiri, com participação popular e científica, surge para melhorar a coordenação e a efetividade das ações de conservação e gestão dos recursos hídricos, dado a importância estratégica deste manancial para a segurança hídrica do município.

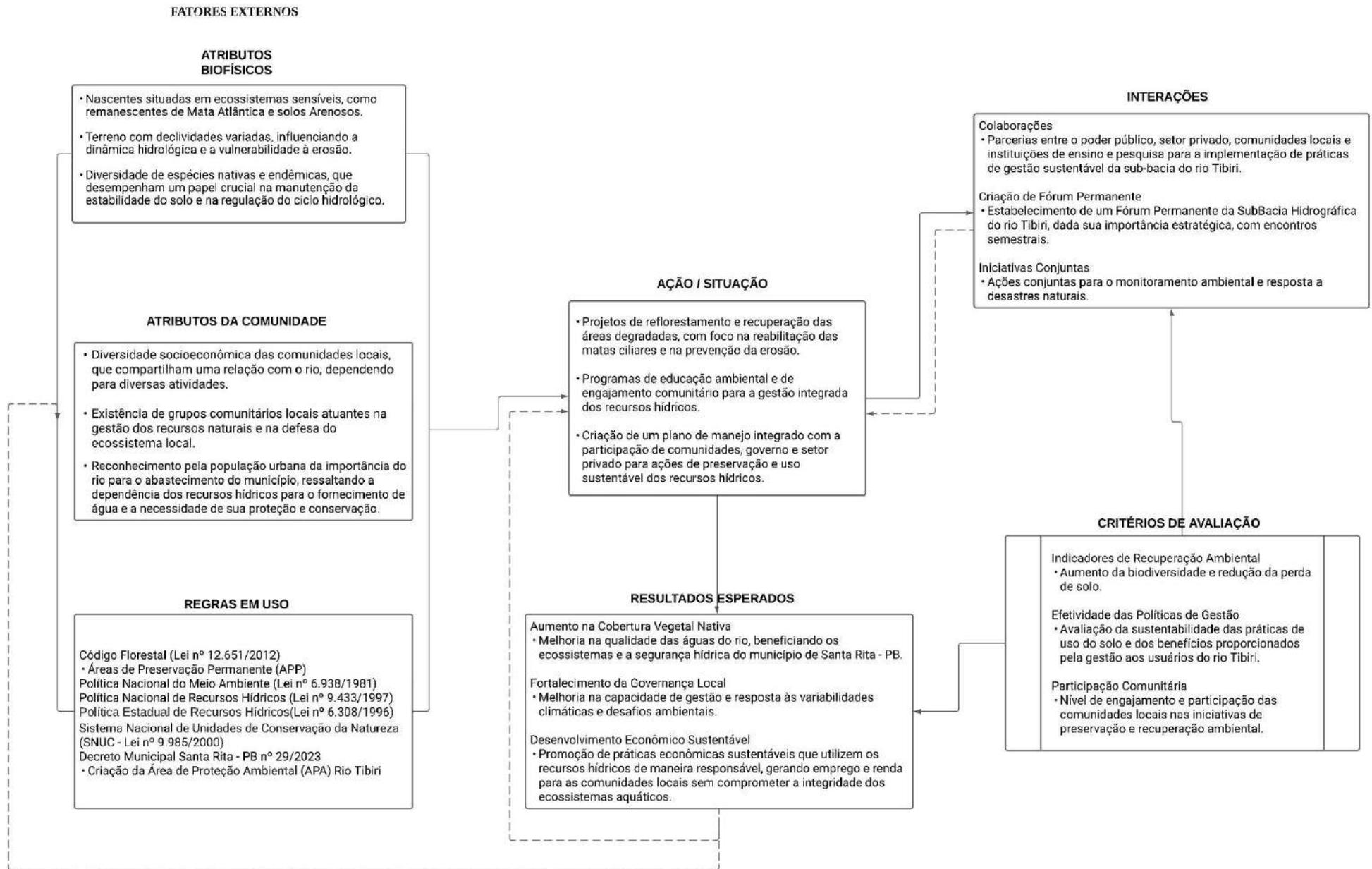
A proteção das nascentes e a implementação de práticas sustentáveis de uso da terra são essenciais para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos na região. Neste contexto, é urgente a recuperação das áreas degradadas evidenciadas nos mapas de vulnerabilidade ambiental, especialmente no mapa de uso e ocupação do solo.

O Quadro 1, proposto para a governança ambiental do rio Tibiri, foca na criação de um sistema adaptativo e resiliente que integre os aspectos físicos da sub-bacia com o tecido socioeconômico da comunidade de Santa Rita.

As setas contínuas no diagrama IAD de Ostrom (2011) representam relações diretas e imediatas entre os componentes, indicando um fluxo ou influência clara. Já as setas pontilhadas indicam relações indiretas ou influências mediadas, que são menos definidas ou têm efeitos potenciais, ilustrando conexões mais complexas e difusas no sistema.

Os resultados da governança ambiental na sub-bacia do rio Tibiri podem ser analisados a partir de diversos fatores que interagem e moldam a dinâmica socioambiental da região. O diagrama do Quadro 5.1 destaca os principais componentes da governança, agrupados em atributos biofísicos, atributos da comunidade, regras em uso, ação/situação, interações e resultados esperados.

Os atributos biofísicos da sub-bacia incluem nascentes situadas em ecossistemas sensíveis, como remanescentes de mata atlântica e solos arenosos, além de um terreno com declividades variadas, que influencia a dinâmica hidrológica e a suscetibilidade à erosão, além de espécies nativas do remanescente de Mata Atlântica presente na região.



A diversidade socioeconômica das comunidades locais, que possuem uma relação intrínseca com o rio e dependem dele para diversas atividades econômicas e de subsistência, também desempenha um papel fundamental.

A existência de grupos comunitários atuantes na gestão dos recursos naturais e na defesa do ecossistema local é essencial para a implementação efetiva das políticas de governança. Estes grupos comunitários são fundamentais nas interações, colaborando com o poder público e o setor privado para implementar práticas de gestão sustentável.

As regras em uso que orientam incluem diversas legislações ambientais fundamentais, cada uma contribuindo para a proteção e gestão dos recursos naturais. O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) estabelece a proteção das Áreas de Preservação Permanente (APP), essenciais para a conservação para a região. A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) fornecem diretrizes importantes para a gestão e proteção dos recursos naturais em âmbito nacional. Complementarmente, a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 6.308/1996) estabelece critérios adicionais para a proteção dos recursos hídricos no estado da Paraíba.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC - Lei nº 9.985/2000) estabelece um sistema abrangente para a criação e gestão de áreas protegidas, visando a conservação da biodiversidade e dos recursos naturais. Especificamente para a área de estudo do rio Tibiri, o Decreto Municipal nº 29/2023 criou a Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Tibiri, estabelecendo critérios específicos para a proteção das nascentes e da vegetação nativa remanescente em toda a sub-bacia do rio. Essas regulamentações são essenciais para garantir a sustentabilidade ambiental e a proteção dos recursos hídricos na região.

A criação de um Fórum Permanente da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Tibiri, com encontros semestrais, pode promover uma colaboração mais efetiva entre as partes interessadas, incluindo representantes do poder público, setor privado, comunidades locais e instituições de ensino e pesquisa. Este fórum facilitaria a coordenação e a efetividade das ações de conservação e gestão dos recursos hídricos, fortalecendo as interações entre os diversos atores envolvidos.

Os projetos de reflorestamento e recuperação das áreas degradadas são complementados por programas de educação ambiental e de engajamento comunitário, que visam a gestão integrada dos recursos hídricos.

Essas ações estão diretamente ligadas aos resultados esperados, que incluem o aumento da cobertura vegetal nativa e a melhoria na qualidade das águas do rio.

A recuperação das áreas degradadas, evidenciada nos mapas de vulnerabilidade ambiental, especialmente no mapa de uso e ocupação do solo, é urgente para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos.

A inclusão de representantes de instituições de ensino e pesquisa no Conselho de Gestão da APA poderia enriquecer o planejamento e a implementação de políticas ambientais com base em evidências científicas.

As interações entre os diversos atores são cruciais para o sucesso das estratégias de governança ambiental. Iniciativas conjuntas para o monitoramento ambiental e a resposta a desastres naturais são necessárias para criar um sistema adaptativo e resiliente.

Os resultados esperados incluem não apenas o aumento da cobertura vegetal nativa e a melhoria na qualidade das águas do rio, mas também o fortalecimento da governança local e a melhoria na capacidade de gestão e resposta às variabilidades climáticas e desafios ambientais.

Os critérios de avaliação envolvem indicadores de recuperação ambiental, como o aumento da biodiversidade e a redução da perda de solo, além de medidas de sucesso das políticas de gestão, refletidas na sustentabilidade das práticas de uso do solo e na qualidade de vida das comunidades beneficiadas direta ou indiretamente pelo rio Tibiri.

Diante desses resultados, a análise da governança ambiental na área de estudo da sub-bacia do rio Tibiri evidencia a importância de integrar diferentes fatores e atores na formulação e implementação de estratégias de conservação e gestão dos recursos hídricos.

A adoção de uma abordagem participativa e baseada em evidências científicas é essencial para garantir a sustentabilidade hídrica e a resiliência socioambiental da região.

## 6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise minuciosa e abrangente realizada neste estudo, associada à inclusão de referências bibliográficas suplementares relativas ao rio Tibiri, aponta para uma conclusão: diversas áreas da área de estudo da sub-bacia apresentam evidências de danos ambientais potenciais decorrentes de processos erosivos.

Estes processos, projetados a médio e longo prazo, poderão resultar em consequências drásticas para a sustentabilidade do município de Santa Rita, caso medidas eficazes de conservação e gestão ambiental não sejam implementadas de forma urgente. A degradação contínua dos recursos hídricos e da vegetação nativa pode comprometer a qualidade da água, aumentar a vulnerabilidade à erosão e reduzir a biodiversidade local. Além disso, a falta de ações preventivas pode levar ao aumento de eventos climáticos extremos, afetando diretamente a qualidade de vida da população e a viabilidade econômica da região. Portanto, é imperativo que políticas públicas robustas e programas de educação ambiental sejam adotados para mitigar esses impactos e promover a resiliência ambiental do município.

A intensidade da erosão no nascedouro do rio constitui uma ameaça significativa para o volume e a qualidade das águas que abastecem a estação de tratamento local, a qual fornece água para aproximadamente 70% dos bairros da cidade.

Uma intensificação da erosão pode precipitar crises no fornecimento de água, causando interrupções e, em última instância, um colapso hídrico total na localidade durante os períodos mais chuvosos, em decorrência da elevação da turbidez gerada pela erosão do solo, gerando insegurança no tratamento e distribuição da água potável.

As informações coletadas e avaliadas durante esta pesquisa indicam que os problemas originados pelos processos erosivos ultrapassam o aspecto físico, demonstrando uma relevância socioeconômica. A origem e as motivações desses fenômenos estão profundamente interligadas à relação entre os empreendimentos locais e o ambiente que os circunda.

O estudo das áreas propensas à erosão em parte do alto curso do rio Tibiri, apresentado neste trabalho, provê uma ferramenta valiosa para os administradores locais. Com base nesses dados, será possível identificar e gerir

as áreas afetadas pela erosão, permitindo um gerenciamento territorial mais eficiente e a inibição da progressão de impactos ambientais a estágios irreversíveis.

Ademais, este trabalho disponibiliza análises aprofundadas acerca das condições que favorecem a erosão, ofertando informações essenciais para auxiliar a tomada de decisões.

É esperado que os resultados aqui expostos influenciem novos estudos e esforços voltados para a preservação da sub-bacia do rio Tibiri, permitindo uma compreensão mais ampla da erosão e de suas implicações, que poderá embasar intervenções efetivas e sustentáveis no futuro.

A presente pesquisa, ao identificar e categorizar as áreas de maior susceptibilidade erosiva, fornece subsídios valiosos para a gestão ambiental local. Estas informações propiciam a implementação de medidas corretivas direcionadas, auxiliando na prevenção do avanço de impactos ambientais a níveis irreversíveis e promovendo um manejo mais eficaz do território.

A tomada de decisão baseada em dados confiáveis e precisos, como os gerados neste estudo, é fundamental para promover práticas sustentáveis de uso e ocupação do solo, garantindo assim a conservação dos recursos naturais da região e o bem-estar das gerações futuras.

A análise da governança ambiental na sub-bacia do rio Tibiri, em Santa Rita - Paraíba, revela a complexidade e a interdependência dos diversos fatores que moldam a gestão dos recursos hídricos na região.

A criação da Secretaria de Meio Ambiente e do Conselho de Meio Ambiente local representa passos importantes na institucionalização da governança ambiental. No entanto, os desafios relacionados à efetividade e abrangência das ações indicam a necessidade de maior inclusão de setores diversos e de aprimoramento das estratégias de implementação.

A criação da Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Tibiri é uma estratégia crucial para a proteção das nascentes e da vegetação nativa remanescente, essencial para a conservação da biodiversidade e mitigação da erosão na região. Esta integração, aliada à criação de um Conselho de Gestão Colegiada, promove uma abordagem mais coordenada e participativa na administração da APA.

No entanto, a ausência de representantes de instituições de ensino e pesquisa no conselho limita o potencial para o desenvolvimento de políticas baseadas em evidências científicas, uma lacuna que deve ser abordada para fortalecer a governança.

Os fatores biofísicos e socioeconômicos da sub-bacia, como a diversidade da comunidade local e a variabilidade do terreno, influenciam significativamente as estratégias de conservação e gestão dos recursos hídricos.

A necessidade de projetos de reflorestamento e recuperação das áreas degradadas é evidente, especialmente considerando a pressão antrópica resultante das atividades mineradoras.

A delimitação atual da Área de Proteção Ambiental (APA) deve ser reavaliada para incluir as áreas mais afetadas, assegurando uma proteção mais abrangente e eficaz contra a degradação do solo e a erosão. Esta reavaliação é crucial, pois áreas atualmente não contempladas pela APA podem estar sofrendo com processos intensos de degradação. A inclusão dessas áreas permitirá a implementação de medidas de conservação mais eficazes, promovendo a recuperação dos ecossistemas degradados e a manutenção dos serviços ambientais essenciais para a região.

Além disso, a expansão da APA pode proporcionar uma maior conectividade entre os fragmentos de habitats naturais, facilitando o movimento e a dispersão de espécies da fauna e da flora, o que é vital para a biodiversidade. Esta conectividade ecológica também pode ajudar a mitigar os impactos das mudanças climáticas, proporcionando refúgios e corredores para as espécies em busca de condições ambientais adequadas. A criação de um Fórum Permanente da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Tibiri, encontros semestrais e iniciativas conjuntas de monitoramento ambiental podem ser estratégico para garantir a sustentabilidade hídrica e a resiliência socioambiental da região.

O fortalecimento dessas interações, aliado a uma avaliação contínua e criteriosa dos resultados obtidos, permitirá a construção de uma governança mais eficaz e inclusiva, capaz de enfrentar os desafios ambientais presentes e futuros na sub-bacia do rio Tibiri.

Conclui-se que a integração de governança e geotecnologias é essencial para a conservação e gestão ambiental do alto curso da sub-bacia do rio Tibiri, contribuindo com a sustentabilidade e resiliência socioambiental da região.

## REFERÊNCIAS

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.**

Disponível em:

<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html>.

Acesso em: 16 jun. 2023.

ARNOLD, J. G.; MORIASI, D. N.; GASSMAN, P. W.; ABBASPOUR, K. C.; WHITE, M. J.; SRINIVASAN, R.; VAN LIEW, M. W. SWAT: **Model use, calibration, and validation.** Transactions of the ASABE, v. 55, n. 4, p. 1491-1508, 2012. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=42256>. Acesso em: 22 fev. 2023.

ALBERTA. Department of Environment. Environmental Stewardship Division. Environmental Relations; DE LOE, R. C. **From government to governance: A state-of-the-art review of environmental governance.** Government of Alberta, 2009.

BRASIL. **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.** Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Seção 1, p. 1.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Seção 1, p. 469.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 3. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1993.

BELTON, V; Stewart, T. J. **Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach.** Kluwer Academic Publishers. 2002.

BOARDMAN, J. **Soil erosion science: Reflections on the limitations of current approaches.** Catena, v. 68, n. 2-3, p. 73-86, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.03.007>. Acesso em: 15 ago. 2023.

BRYAN, R. **Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope.** Geomorphology, v. 32, n. 3-4, p. 385-415, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00105-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00105-1). Acesso em: 16 set. 2023.

BRONDÍZIO, E. S.; OSTROM, E.; YOUNG, O. R. **Connectivity and the governance of multilevel social-ecological systems: The role of social capital.** Annual Review of Environment and Resources, Palo Alto, v. 34, p. 253-278, 2009. DOI: [10.1146/annurev.environ.020708.100707](https://doi.org/10.1146/annurev.environ.020708.100707). Acesso em: 19 jan. 2023.

BORK, H. R. **Soil erosion during the past millennium in Central Europe and its significance within the geomorphodynamic of the Holocene**. Catena Suppl, v. 15, p. 121-131, 1989. DOI: [10.1016/S0341-8162\(98\)00120-5](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00120-5).

CAMPOS, J. A.; DA SILVA, D. D.; MOREIRA, M. C.; DE FILHO, F. C. M. **Environmental fragility and land use capacity as instruments of environmental planning, Caratinga River basin, Brazil**. Environmental Earth Sciences, v. 80, n. 7, p. 1-13, 2021. DOI: [10.1007/s12665-021-09553-2](https://doi.org/10.1007/s12665-021-09553-2).

CARDOSO, M. L. M. **Desafios e potencialidades dos comitês de bacias hidrográficas**. Cienc.Cult., São Paulo, v 55, n. 4, 2003. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S000967252003000400022](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000967252003000400022). Acesso em 19 jan. 2023.

CAVEDON, A. D.; SHINZATO, E.; JACQUES, P. D. **Projeto Porto Seguro-Santa Cruz Cabralia: levantamento de reconhecimento de solos, capacidade de uso das terras e uso do solo e cobertura vegetal**. CPRM/SA, 2000.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P. **Vulnerabilidade sociodemográfica: riscos novos e antigos para comunidades, famílias e indivíduos**. CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, CL), 2002. Disponível em: <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2023.

CERDAN, O.; GOVERS, G.; LE BISSONNAIS, Y.; VAN OOST, K.; POESEN, J.; SABY, N.; GOBIN, A.; VACCA, A.; QUINTON, J.; AUERSWALD, K.; KLIK, A.; KWAAD, F. J. P. M.; RACLOT, D.; IONITA, I.; REJMAN, J.; ROUSSEVA, S.; MUXART, T.; ROXO, M. J.; DOSTAL, T. **Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data**. Geomorphology, v. 122, n. 1-2, p. 167-177, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.06.01>. Acesso em: 25 mar. 2023.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Santa Rita, estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: [http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16322/Rel\\_Santa\\_Rita.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16322/Rel_Santa_Rita.pdf?sequence=1). Acesso em: 12 jun. 2023.

CHAVES, R. D.; BARTELS, G. K.; SILVEIRA, J. F.; TERRA, V. S. S.; COLLARES, G. L. **Modelo digital de superfície a partir de imagens adquiridas num levantamento aéreo com VANT**. In: XVII Encontro de Pós-Graduação UFPEL, 2015, Pelotas. Semana Integrada - XVII Enpos, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/295919194\\_MODELO\\_DIGITAL\\_DE\\_SUPERFICIE\\_A\\_PARTIR\\_DE\\_IMAGENS\\_ADQUIRIDAS\\_NUM\\_LEVANTAMENTO\\_AEREO\\_COM\\_VANT](https://www.researchgate.net/publication/295919194_MODELO_DIGITAL_DE_SUPERFICIE_A_PARTIR_DE_IMAGENS_ADQUIRIDAS_NUM_LEVANTAMENTO_AEREO_COM_VANT). Acesso em: 15 out. 2023.

CONFORTI, M.; AUCELLI, P. P. C.; ROBUSTELLI, G.; SCARCIGLIA, F. **Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in the Turbolo Stream Catchment (Northern Calabria, Italy)**. Natural

Hazards, v. 56, n. 3, p. 881-898, 2011. DOI: <https://10.1007/s11069-010-9598-2>. Acesso em: 30 ago. 2023.

DE BAETS, S.; POESEN, J.; GYSSELS, G.; KNAPEN, A. **Effects of grass roots on the erodibility of topsoils during concentrated flow**. Geomorphology, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.10.002>.

DESCROIX, L.; VIRAMONTES, D.; VAUCLIN, M.; GONZALEZ BARRIOS, J. L.; ESTEVES, M. **Influence of soil surface features and vegetation on runoff and erosion in the Western Sierra Madre**. Catena, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(00\)00124-7](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(00)00124-7).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Definição e notação de horizontes e camadas do solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1988. 54 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 3).

EASTMAN, J. R. **Guide to GIS and Image Processing**. Clark Labs, Clark University, 1999. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/242377547>. Acesso em: 19 set. 2023.

FERNANDES, N. F.; ROLIM, S. G. **A erosão numa bacia hidrográfica do sudeste do Brasil: problemas e soluções**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 7, n. 1, p. 59-68, 2006.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. Springer Science & Business Media, 2005. Disponível em: <https://citations.springernature.com/book?doi=10.1007/b100605>. Acesso em: 02 nov. 2023.

GITELSON, A. A.; STARK, R.; GRITS, U.; RUNDQUIST, D.; KAUFMAN, Y.; DERRY, D. **Vegetation and soil lines in visible spectral space: A concept and technique for remote estimation of vegetation fraction**. International Journal of Remote Sensing, v. 23, n. 13, p. 2537-2562, 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/240527185\\_Vegetation\\_and\\_soil\\_lines\\_in\\_visible\\_spectral\\_space\\_A\\_concept\\_and\\_technique\\_for\\_remote\\_estimation\\_of\\_vegetation\\_fraction](https://www.researchgate.net/publication/240527185_Vegetation_and_soil_lines_in_visible_spectral_space_A_concept_and_technique_for_remote_estimation_of_vegetation_fraction). Acesso em: 08 abr. 2023.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. Cap. 1, p. 17-50.

GUZZETTI, F.; PERUCCACCI, S.; ROSSI, M.; STARK, C. P. **The rainfall intensity–duration control of shallow landslides and debris flows: an update**. Landslides, v. 5, n. 1, p. 3-17, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10346-007-0112-1>. Acesso em: 18 jan. 2023.

HUANG, I. B.; KEISLER, J.; LINKOV, I. **Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends**. Science of

the Total Environment, v. 409, n. 19, p. 3578-3594, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.022>. Acesso em: 29 jul. 2023.

JACOBI, Pedro Roberto. **Inovação na governança da água e aprendizagem social no Brasil**. São Paulo: Instituto Akatu, 2011.

JACOBI, Pedro Roberto; SINISGALLI, Paulo Antônio de Almeida. **Governança ambiental e economia verde**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 17, n. 6, p. 1469-1478, 2012.

JACOBI, Pedro Roberto. **Novos paradigmas, práticas sociais e desafios para a governança ambiental**. São Paulo: Annablume, 2012.

JETTEN, V.; DE ROO, A.; FAVIS-MORTLOCK, D. **Evaluation of field-scale and catchment scale soil erosion models**. Catena, v. 37, n. 3-4, p. 521-541, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(99\)00037-5](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(99)00037-5). Acesso em: 21 dez. 2023.

LAL, R. **Soil degradation by erosion**. Land Degradation & Development, v. 12, n. 6, p. 519-539, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.472>. Acesso em: 11 fev. 2023.

LEITE, M. E.; LEITE, M. R.; CLEMENTE, C. M. S. **O uso do solo e o conflito por água no alto rio Riachão – norte de Minas Gerais: uma análise auxiliada pelas geotecnologias**. Revista Geográfica Acadêmica, v. 4, n. 1, p. 46-55, 2010. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistageograficaacademica/2010/vol4/no1/4.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2023.

MALCZEWSKI, J. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. John Wiley & Sons, 1999. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ZqUsEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA393&dq=MALCZEWSKI,+J.+GIS+and+Multicriteria+Decision+Analysis.+John+Wiley+%26+Sons.+\(1999\)&ots=6lZ46liC40&sig=SEo7Z4feRKeXST-8eCIMzoBOpzk](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ZqUsEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA393&dq=MALCZEWSKI,+J.+GIS+and+Multicriteria+Decision+Analysis.+John+Wiley+%26+Sons.+(1999)&ots=6lZ46liC40&sig=SEo7Z4feRKeXST-8eCIMzoBOpzk). Acesso em: 18 abr. 2023.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; NORTON, L. D. **Erosion processes in the Brazilian Cerrado: past, present and future**. In: NEARING, M.; FOX, J. (Ed.). Soil Erosion and Conservation in the Tropics and Subtropics. Special Publication Series, Soil and Water Conservation Society. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 2016. p. 89-103.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; BESKOW, S.; NORTON, L. D. **Vulnerability of Brazilian watersheds to the pesticides considering land use, type of pesticide and soil type**. Journal of Environmental Management, v. 202, p. 360-369, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3098412/v1>. Acesso em: 13 ago. 2023.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **The expansion of Brazilian agriculture: impacts on soil erosion processes**. Springer, 2013. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30029-0](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30029-0).

MOURA, A. C. M. **Reflexões metodológicas com o subsídio para estudos ambientais baseados em Análise Multicritérios**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE, 2007. p. 2899-2906. Disponível em: [dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.14.41](http://dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.14.41). Acesso em: 19 out. 2023.

MOUZAI, L.; BOUHADEF, M. **Shear strength of compacted soil: effects on splash erosion by single water drops**. Earth Surface Processes and Landforms, v. 36, p. 87-96, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.2021>. Acesso em: 19 out. 2023.

MORGAN, R. P. **Soil erosion and conservation**. John Wiley & Sons, 2005. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=j8C8fFiPNOkC&oi=fnd&pg=PR7&dq=MORGAN,+R.+P.+Soil+erosion+and+conservation.+John+Wiley+%26+Sons.+\(2005\).&ots=wqK7H\\_SdLj&sig=plZ5CCzk5Ar-YoFUQEAljMfXA58#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=j8C8fFiPNOkC&oi=fnd&pg=PR7&dq=MORGAN,+R.+P.+Soil+erosion+and+conservation.+John+Wiley+%26+Sons.+(2005).&ots=wqK7H_SdLj&sig=plZ5CCzk5Ar-YoFUQEAljMfXA58#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 19 out. 2023.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: SANTOS, R. F., 2007. 192 p. Disponível em: [https://fd.com.br/wp-content/uploads/2019/07/Vulnerabilidade\\_Ambiental\\_Desastres\\_Naturais\\_ou\\_Fenomenos\\_Induzidos.pdf](https://fd.com.br/wp-content/uploads/2019/07/Vulnerabilidade_Ambiental_Desastres_Naturais_ou_Fenomenos_Induzidos.pdf). Acesso em: 09 jun. 2023.

OECD. **Princípios da OCDE para a Governança da Água**. Adotados pela Associação Regional de Desenvolvimento Regional OECD em 11 de maio de 2015. Disponível em: <http://www.oecd.org/gov/regional-policy/water-governance-initiative.htm>. Acesso em: 21 mai. 2024.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **Implementing the OECD principles on water governance: indicator framework and evolving practices**. 2018. Disponível em: <https://www.sanitationandwaterforall.org/tools-portal/tool/implementing-oecd-principles-water-governance>. Acesso em: 22 jul. 2023.

OSTROM, E.; GARDNER, R.; WALKER, J. **Rules, games and common-pool resources**. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1997. 368 p. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=DgmLa8gPo4gC&oi=fnd&pg=PR13&dq=OSTROM,+E.%3B+GARDNER,+R.%3B+WALKER,+J.+Rules,+games+and+commonpool+resources.+Ann+Arbor:+The+University+of+Michigan+Press,+1997.+368+p.&ots=N7TCosxaKE&sig=e85SG6JQmiwJVJhEfX\\_4rT1wDJ4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=DgmLa8gPo4gC&oi=fnd&pg=PR13&dq=OSTROM,+E.%3B+GARDNER,+R.%3B+WALKER,+J.+Rules,+games+and+commonpool+resources.+Ann+Arbor:+The+University+of+Michigan+Press,+1997.+368+p.&ots=N7TCosxaKE&sig=e85SG6JQmiwJVJhEfX_4rT1wDJ4#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 21 dez. 2023.

OSTROM, E.; BASURTO, X. **Crafting analytical tools to study institutional change**. Journal of Institutional Economics, v. 7, n. 3, p. 317–343, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1744137410000305>. Acesso em: 13 ago. 2023.

OLIVEIRA, D.; SILVA, M. T.; SILVA, V. P. R. da; SOUSA, E. P. de; SONALY.  
**Análise de risco de degradação na bacia hidrográfica do Riacho do Pontal - PE.** 2017.

PAGNOCCHESCHI, B. **A política nacional de recursos hídricos no cenário da integração das políticas públicas.** In: MUÑOZ, H. R. (Org.). Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei das Águas de 1997. 2. ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, maio 2000.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; McNAIR, M.; BLAIR, R. **Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits.** Science, v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, 1995. DOI: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.267.5201.1117>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA RITA. **Decreto Municipal nº 29/2023.** Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Tibiri e adota outras providências. Diário Oficial Eletrônico do Município de Santa Rita, n. 1947, ano 11, 25 abr. 2023. Disponível em: <https://www.santarita.pb.gov.br/wp-content/uploads/2023/04/Diario-Oficial-n.-1947-25-de-abril-de-2023.pdf> . Acesso em: 15 mai. 2024.

REBOUÇAS, A. C. **Água e desenvolvimento rural. Estudos Avançados,** São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142001000300024>. Acesso em: 24 maio 2023.

RICHARD, Sophie; RIEU, Thierry. **Uma abordagem histórica para esclarecer a governança da água.** In: JACOBI, Pedro Roberto; SINISGALLI, Paulo de Almeida (Org.). Dimensões político-institucionais da governança da água na América Latina e Europa. v. II. São Paulo: Annablume, 2009.

RIBEIRO, W. C. (Org.). **Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar.** São Paulo: Annablume; Fapesp; CNPq, 2009. 380 p. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001835362>. Acesso em: 18 set. 2023.

ROCHA, J. S.; SILVA, A. P.; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, S. B. **Soil erosion vulnerability in the Verde River Basin, Southern Minas Gerais.** Ciência e Agrotecnologia, v. 38, n. 2, p. 124-132, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000300006>. Acesso em: 03 ago. 2023.

RODRIGUES, D. B. B.; SOBRINHO, T. A. **Avaliação da vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica à erosão utilizando SIG: o caso do rio de Peixe-SP.** Revista Geonorte, v. 1, n. 4, p. 592-605, 2013.

ROGERS, Peter; HALL, Alan W. **Effective water governance.** Global Water Partnership Technical Committee (TEC), n. 7, 2003. Disponível em: <https://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/items/4a2b8779-c60b-4974-9d2c-78850abc20fc>. Acesso em: 09 out. 2023.

RUBIRA, F. G.; MINCATO, R. L. **Modeling of soil loss by water erosion and its impacts on the Cantareira System, Brazil**. *Water*, v. 15, n. 8, p. 1490, 2023. DOI: [10.3390/w15081490](https://doi.org/10.3390/w15081490).

SPORL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. 2001. 159 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-18012002-225147/en.php>. Acesso em: 12 nov. 2023.

SANTOS, Glenio G.; GRIEBELER, Nori P.; DE OLIVEIRA, Luiz F. C. **Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 115-123, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200001>. Acesso em: 5 fev. 2023.

SOARES, L.; BATISTA, P.; FERREIRA, A. **Susceptibility assessment of shallow landslides using weights-of-evidence: a case study in Barreira do Rocha Basin, Rio de Janeiro**. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, v. 74, n. 3, p. 831-842, 2015.

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. **Soil erosion: processes, prediction, measurement, and control**. John Wiley & Sons, 2002.

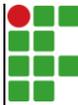
TRENTIN, Romario; ROBAINA, L. E. de S. **Metodologia para mapeamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., 2005, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2005. p. 3606-3615. Disponível em: [http://jararaca.ufsm.br/websites/lageolam/download/sao\\_paulo/romario.pdf](http://jararaca.ufsm.br/websites/lageolam/download/sao_paulo/romario.pdf). Acesso em: 16 mar. 2023.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, 2008. Disponível em: <https://www.precog.com.br/bc-texto/obras/ue000058.pdf>. Acesso em: 28 set. 2023.

WRI – WORLD RESOURCES INSTITUTE. **World resources 2002-2004 – decisions for the Earth: balance, voice, and power**. Washington: WRI, 2003.

YIN, Hang; HUANG, Yixiong; WANG, Kuiming. **How do environmental concerns and governance performance affect public environmental participation: A case study of waste sorting in urban China**. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 19, p. 9947, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18199947>. Acesso em: 08 fev. 2023.

ZHANG, W.; LIU, Y.; ZHANG, Z.; LIU, B.; CAO, Y. **A new method for assessing the risk of infectious disease outbreak**. *Scientific Reports*, v. 6, p. 23228, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep40084>. Acesso em: 15 mar. 2023.

	<b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b>
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, Joao Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### Trabalho Final de Conclusão de Curso

<b>Assunto:</b>	Trabalho Final de Conclusão de Curso
<b>Assinado por:</b>	Andre Luiz
<b>Tipo do Documento:</b>	Projeto
<b>Situação:</b>	Finalizado
<b>Nível de Acesso:</b>	Ostensivo (Público)
<b>Tipo do Conferência:</b>	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **André Luiz da Silva, DISCENTE (20221620023) DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL - JOÃO PESSOA**, em 08/08/2024 12:02:53.

Este documento foi armazenado no SUAP em 08/08/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1212392

Código de Autenticação: cfc b115efc

