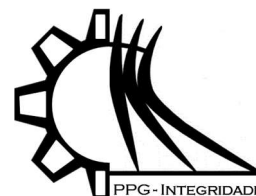




ISSN 2447-6102



Artigo

CARTA DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIBEIRÃO DOS COCAIS

Pinto, G.C.¹ and Silva, J. J. B.²

¹ Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural Sustentável; gilzemar candidato@hotmail.com

² Universidade Federal de Mato Grosso; jhonatanavlis@hotmail.com

* Correspondence: gilzemar candidato@hotmail.com

Received: Setembro/2025; Accepted: Novembro/2025; Published: Novembro/2025

Resumo: Este estudo enfatiza a relevância das bacias hidrográficas como unidades de planejamento ambiental, ressaltando os efeitos da atividade humana na degradação do solo e nos recursos hídricos. O principal objetivo foi elaborar a Carta de Suscetibilidade à Erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeirão dos Cocais, complementada pela Carta de Vulnerabilidade dos Solos e Recursos Hídricos e pela Carta de Índice de Transformação Antrópica (ITA). O foco estava na identificação de áreas críticas para conservação. A abordagem empregou geoprocessamento e análise espacial, empregando a técnica de superposição ponderada de variáveis como pedologia, geologia, uso do solo, inclinação e proximidade da rede de drenagem. Os resultados mostraram que a suscetibilidade à erosão é baixa na maioria das áreas, sendo mais crítica em regiões relacionadas à urbanização e ao uso agropecuário. Conclui-se que a metodologia empregada possibilitou a identificação de áreas prioritárias para manejo sustentável e que os resultados obtidos podem apoiar iniciativas de planejamento ambiental na bacia.

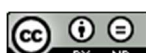
Palavras-chave: Erosão; Sensoriamento remoto; Carta geotécnica.

Abstract: This study emphasizes the relevance of watersheds as environmental planning units, highlighting the effects of human activity on soil degradation and water resources. The main objective was to develop the Erosion Susceptibility Map of the Ribeirão dos Cocais Watershed, complemented by the Soil and Water Resources Vulnerability Map and the Anthropogenic Transformation Index (ATI) Map. The focus was on identifying critical areas for conservation. The approach used geoprocessing and spatial analysis, employing the weighted overlay technique of variables such as pedology, geology, land use, slope, and proximity to the drainage network. The results showed that erosion susceptibility is low in most areas, being more critical in regions related to urbanization and agricultural use. It is concluded that the methodology used enabled the identification of priority areas for sustainable management and that the results obtained can support environmental planning initiatives in the watershed.

Keywords: Erosion; Remote sensing; Geotechnical map.

1. Introdução

A Bacia Hidrográfica do Rio Ribeirão dos Cocais, um subfluente do Rio Cuiabá, integra a Bacia do Alto Paraguai e desempenha papel fundamental no abastecimento de água para as cidades de Várzea Grande e Cuiabá, em Mato Grosso. A bacia pode ser entendida como um espaço ambiental que abrange todos os recursos naturais solo, água, flora



e fauna, desde o fundo do vale de um córrego, rio, riacho ou várzea, até o seu divisor topográfico de água (Moreti et al., 2020). Esse sistema de drenagem natural é responsável por direcionar as águas das chuvas para o fundo do vale.

Além de fornecer água para consumo e uso múltiplo, as bacias hidrográficas desempenham um papel essencial na mitigação da poluição dos corpos hídricos. Elas filtram a vazão, retêm sedimentos e funcionam como sistemas naturais de armazenamento, prevenindo inundações constantes em áreas urbanizadas e protegendo contra vazões extraordinárias ou a desregulação dos sistemas naturais (Malta, 2017).

Entretanto, a degradação ambiental, especialmente a erosão do solo, é uma preocupação crescente. Esse processo, que resulta do desprendimento e transporte de partículas do solo, compromete a qualidade da água e a produtividade agrícola, afetando diretamente os recursos naturais e, consequentemente, a economia e a sociedade (Amorim et al., 2001; Demarchi, Piroli e Zimback, 2019). A erosão hídrica, em particular, é impulsionada pelo desequilíbrio entre o sistema água/solo/cobertura vegetal, frequentemente agravado pelas atividades antrópicas, como agricultura, pecuária e urbanização (Araújo et al., 2018). A compreensão do potencial de erosão é, portanto, crucial para identificar práticas de preservação e conservação do solo (Sousa e Paula, 2019).

De acordo com Mussama e Ossulande (2025), o recente avanço das geotecnologias, incluindo técnicas de sensoriamento remoto e análise espacial usando Sistemas de Informação Geográfica (SIG), avaliações morfométricas, características físicas do terreno e mapeamento de usos e coberturas do solo, foi simplificado. O geoprocessamento se apresenta como uma ferramenta essencial para o monitoramento e a avaliação dos efeitos da degradação do solo, possibilitando a análise de fatores como a cobertura vegetal, a declividade do terreno e a erodibilidade dos solos (Ribeiro, 2025).

Este estudo tem como objetivo a elaboração de uma Carta de Suscetibilidade à Erosão para a Bacia Hidrográfica do Rio Ribeirão dos Cocais. Como complemento, serão desenvolvidas a Carta de Vulnerabilidade dos Solos e Recursos Hídricos e a Carta de Índice de Transformação Antrópica (ITA), ferramentas essenciais para a gestão sustentável e a mitigação dos impactos da erosão e da degradação ambiental.

2. Materiais e métodos

Em relação aos recursos desta pesquisa, utilizaram-se algumas informações já existentes, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1. Informações sobre os materiais pré-existentes utilizado neste estudo.

Temática dos dados	Escala da Resolução espacial	Formato	Fonte
Geologia	1:100.000	Vetorial	Thomé Filho et al., (2004)
Pedológica	1:100.000	Vetorial	Thomé Filho et al., (2004)
Modelo digital de elevação	30 metros	Matricial	Valeriano & Rosseti
Uso e Cobertura do Solo	30 metros	Matricial	MapBiomias (2023)
Imagem landsat 9 bandas 4, 5 e 10	30 metros	Matricial	USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos)

A carta de temperatura de brilho de superfície foi elaborada utilizando uma imagem da banda 10 do satélite Landsat 9, datada de 07 de junho de 2025. Com o auxílio da calculadora raster do Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS e seguindo a equação (1), foi possível gerar a carta de temperatura.

$$LST=Bi\times ME+CA-C$$

(1)

Onde:

LST = Temperatura de superfície terrestre;

Bi = Banda infravermelho térmico;

ME = É o multiplicador de escala radiométrica (fornecido no arquivo de metadados);

CA = Compensação Aditiva (fornecido no arquivo de metadados);

C = Uma constante para obter resultado em graus celsius.

A mesma imagem de satélite utilizada para elaborar a Temperatura de Brilho de Superfície foi empregada na confecção da carta de NDVI, mas neste caso, utilizaram-se as bandas 5 (NIR) e 4 (Red). A carta de NDVI foi produzida por meio da calculadora raster do SIG QGIS, aplicando-se a equação (2).

$$NDVI = (NIR-Red) / (NIR+Red) \quad (2)$$

Onde:

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR = Banda do infravermelho próximo;

Red= Banda do vermelho.

Esse método para obter o NDVI já foi utilizado por diversos autores, por exemplo: Pinto e França (2025), Silva e Galvêncio (2012), além do Leite, Santos e Santos (2017). Os valores de NDVI resulta em valores entre -1 e 1, indicando locais desprovidos de vegetação (-1) indo até os densamente cobertos (1) (Wanderer, 2017).

A elaboração da carta de suscetibilidade à erosão utilizou a técnica de superposição indexada, que envolve a soma ponderada de notas. Trata-se de estabelecer pesos para as temáticas, variando de 0 a 1, seguindo os mesmos critérios adotados por Pinto (2023), os pesos atribuídos aos fatores temáticos refletem a importância relativa de cada fator para os processos erosivos da bacia. As notas variam de 0 a 5 para cada categoria das temáticas, sendo que quanto mais alta a nota, maior a susceptibilidade à erosão, conforme ilustrado na Tabela 2.

A pedologia recebeu o maior peso (0,35), por influenciar diretamente a resistência do solo à erosão. De acordo com a descrição pedológica de Thomé Filho et al. (2004), foram atribuídas notas a cada classe de solo. As classes FFcd5 e CXbd10 receberam nota 5 por apresentarem relevo ondulado, o que favorece maior suscetibilidade à erosão. As classes FFcd1, CXbd2, CXbd4, FFcd6 e RLd2 receberam nota 4 em razão da textura média a muito cascalhenta, que reduz a coesão do solo. Já as classes LVAd1 e LVAd4, de textura argilosa a média, apresentam maior resistência à erosão, sendo atribuída nota 3. Por fim, a classe RYve, de textura argilosa a muito argilosa, recebeu nota 2, indicando menor suscetibilidade aos processos erosivos.

A declividade teve peso 0,25, refletindo o efeito do relevo sobre o escoamento superficial e a capacidade erosiva da água. Terrenos planos receberam notas baixas (1), por favorecerem maior infiltração e menor velocidade do escoamento. À medida que o relevo se torna mais inclinado, aumenta o escoamento superficial e, conseqüentemente, o potencial erosivo; por isso, declives moderados receberam notas intermediárias (3), enquanto declividades acentuadas receberam notas altas (4), indicando maior suscetibilidade à erosão.

O uso e cobertura do solo teve peso 0,20, considerando que áreas urbanizadas ou agrícolas intensivas aumentam a suscetibilidade, recebendo notas altas (4–5), devido à compactação do solo, redução da infiltração e exposição direta à ação das chuvas. Por outro lado, áreas cobertas por vegetação densa, como florestas e matas ciliares, receberam notas baixas (1–2), pois a presença de raízes e cobertura vegetal contínua favorece a estabilidade do solo, reduz o escoamento superficial e protege contra processos erosivos.

A geologia também recebeu peso 0,20, considerando que a natureza litológica exerce influência direta na resistência do terreno à erosão. As formações sedimentares friáveis ou materiais detrítico-lateríticos, mais suscetíveis à desagregação e ao escoamento superficial, receberam notas elevadas (3–5), refletindo sua maior propensão a processos erosivos.

Tabela 2: Pesos e notas estabelecidos para os temas escolhidos e classes observadas.

Atributos	Pesos	Classes	Notas
-----------	-------	---------	-------

Pedologia	0,35	Ag	0
		CXbd2	4
		CXbd4	4
		CXbd10	5
		FFcd1	4
		FFcd5	5
		FFcd6	4
		FTd3	4
		LVAAd1	3
		LVAAd4	3
		RLd2	4
		RYve	2
Uso e Ocupação do Solo	0,20	Formação Florestal	1
		Formação Savânica	2
		Silvicultura	2
		Campo Alagado e Área Pantanosa	1
		Formação Campestre	3
		Pastagem	4
		Mosaico de Usos	4
		Área Urbanizada	5
		Outras Áreas não vegetadas	5
		Mineração	5
		Rio e Lago	1
Geologia	0,20	Soja e Outras Lavouras Temporárias	4
		Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	2
		Grupo Cuiabá - Subunidade 3	3
		Grupo Cuiabá - Subunidade 5	4
		Grupo Cuiabá - Subunidade 6	3
Declividade (Porcentagem)	0,25	Quaternário aluvionar 2	5
		Plano (0 – 3%)	1
		Suave Ondulado (3 – 8%)	3
		Ondulado (8 – 20%)	4

A Equação 3 a seguir mostra a soma ponderada usada para calcular a carta de suscetibilidade à erosão.

$$Suscetibilidade = \text{Peso Atributo}(\text{NotaClasse } 1) + (...) + \text{Peso Atributo } n(\text{NotaClasse } n) \quad (3)$$

Para criar a Carta de Vulnerabilidade dos Solos, foi empregado as mesmas notas da Carta de Susceptibilidade à erosão, acrescentando uma nova temática chamada Distância da Rede de Drenagem, cujas classes e notas correspondentes são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3: Pesos e notas estabelecidos para o tema Distância da rede de drenagem e classes observadas.

Atributos	Classes	Notas
Distância da rede de	500	5

drenagem (metros)	1500	4
	3000	3
	5000	2
	7500	1

Foi empregado a mesma metodologia de Silva (2018), que consiste em utilizados os mesmos dados temáticos da Carta de Susceptibilidade à Erosão além das distâncias da rede de drenagem para a realização de uma análise multicritério que, por meio da sobreposição dos mapas gerados e dos valores atribuídos para cada fator, foi gerado o mapa da vulnerabilidade potencial para a qualidade das águas, os valores atribuídos variaram em uma escala de 1 a 5, sendo que quanto maior o peso atribuído, maior a contribuição para a vulnerabilidade.

Na elaboração da carta ITA seguindo as orientações de Silva (2018), é calculado a partir do mapa de uso e cobertura do solo (Equação 4).

$$ITA = \sum (\%USO * PESO) / 100 \quad (4)$$

Em que:

uso = área em valores percentuais da classe de uso e cobertura;

peso = peso dado aos diferentes tipos de uso e cobertura quanto ao grau de alteração antrópica, varia de 1 a 10, sendo que os maiores valores indicam as maiores pressões, neste caso, considerando o tipo de uso do solo encontrado na bacia hidrográfica do rio Ribeirão dos Cocais (Silva, 2018), estabeleceu-se o seguinte conjunto de pesos apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Pesos atribuídos às classes de uso do solo, para elabora a carta ITA.

Classes	Notas
Formação Florestal	4
Formação Savânica	5
Campo alagado e área pantanosa	7
Formação campestre	5
Mosaico de usos	7
Área urbanizada	10
Outras áreas não vegetadas	8
Rio e lago	4
Soja	9
Outras Lavouras temporárias	8
Pastagem	8
Silvicultura	6
Mineração	10

3. Localização

Batista (2023) afirma que o município de Nossa Senhora do Livramento, localiza-se na Região Metropolitana do Vale do Rio Cuiabá, tem a sua localização segundo IBGE (2022) a 32 km de distância da capital Cuiabá, com o seu espaço urbano se configurando na margem esquerda da rodovia MT-070 (sentido Capital), distante cerca de 12 km do cruzamento com a BR-364 (Cuiabá Porto Velho).

A cidade de Várzea Grande é a segunda mais populosa do estado de Mato Grosso, ficando atrás apenas da capital, Cuiabá. Geograficamente, está situada entre duas cidades: a leste de Cuiabá e a sudoeste de Nossa Senhora do Livramento.

A bacia hidrográfica do rio Ribeirão Cocais está localizada, em sua maior parte, no município de Nossa Senhora do Livramento, com uma pequena porção situada na cidade de Várzea Grande, como pode ser observado na Figura 01. A bacia possui uma área aproximada de 490,57 km².

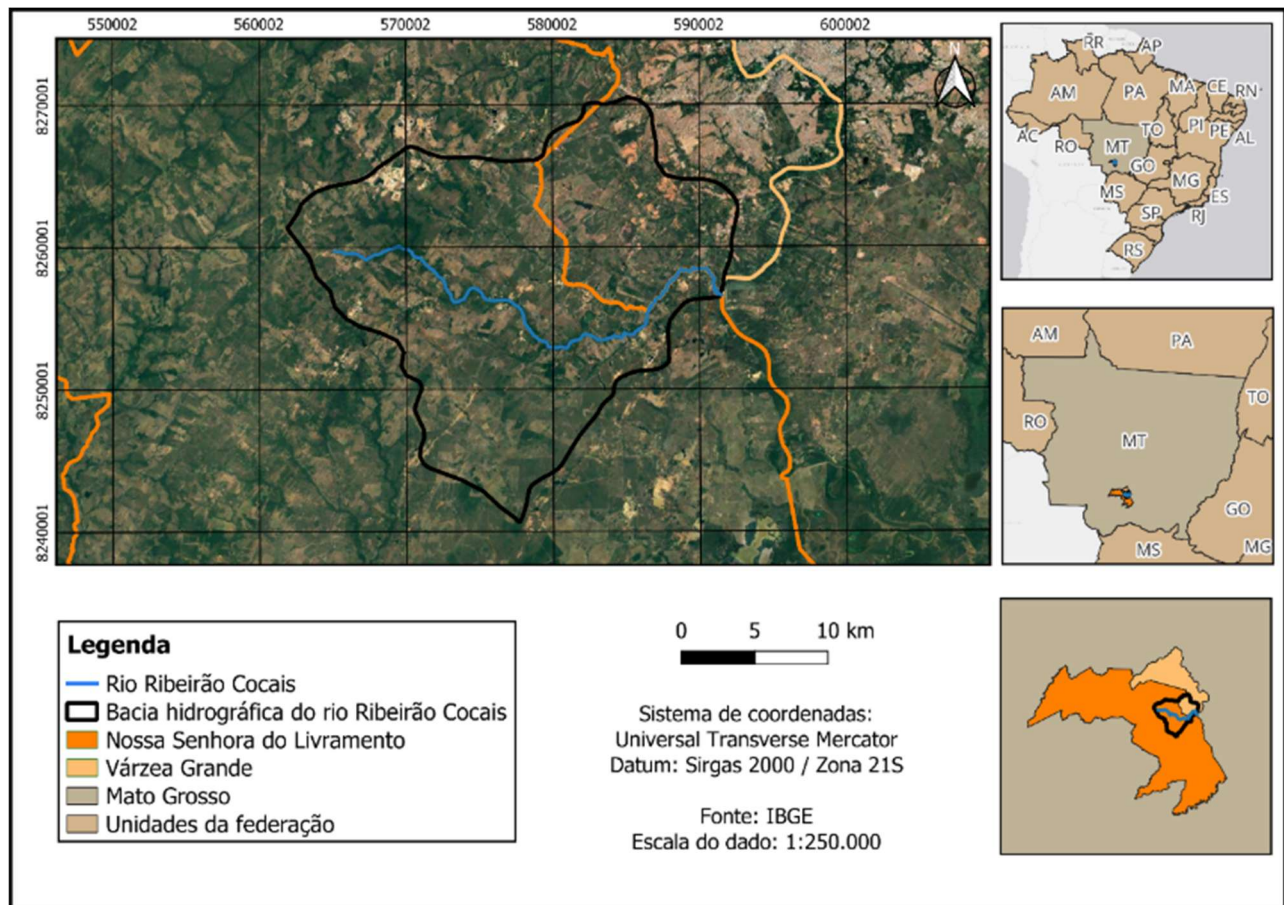


Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Ribeirão dos Cocais.

4. Caracterização da área de estudo

Nesta seção, serão apresentadas informações sobre algumas temáticas relacionadas às Características Físico-Naturais da Paisagem, entre elas: declividade, uso e cobertura do solo, pedologia, geologia, além de carta de Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e de carta de temperatura superficial.

4.1. Declividade

Pode-se entender que a declividade seja um fator que contribui para a erosão, ou seja, quanto maior a declividade, maior é a possibilidade de a erosão se potencializar, de acordo com Cogo *et al.* (2003), o aumento da erosão com o aumento da declividade do terreno se deve ao aumento da capacidade erosiva da enxurrada nos declives mais acentuados, decorrente do aumento de sua velocidade, especialmente quando o solo é intensamente mobilizado e apresenta baixa cobertura superficial, ficando sujeito à formação de sulcos, selos e, ou, crostas, os quais dificultam a infiltração de água no solo e favorecem o escoamento superficial.

No tocante à declividade, a área de estudo apresenta, em sua maioria, classes de terreno plano (0–3%) e suavemente ondulado (3–8%), conforme ilustrado na Figura 02, com a predominância de relevo com baixa declividade favorece o uso e ocupação do solo.

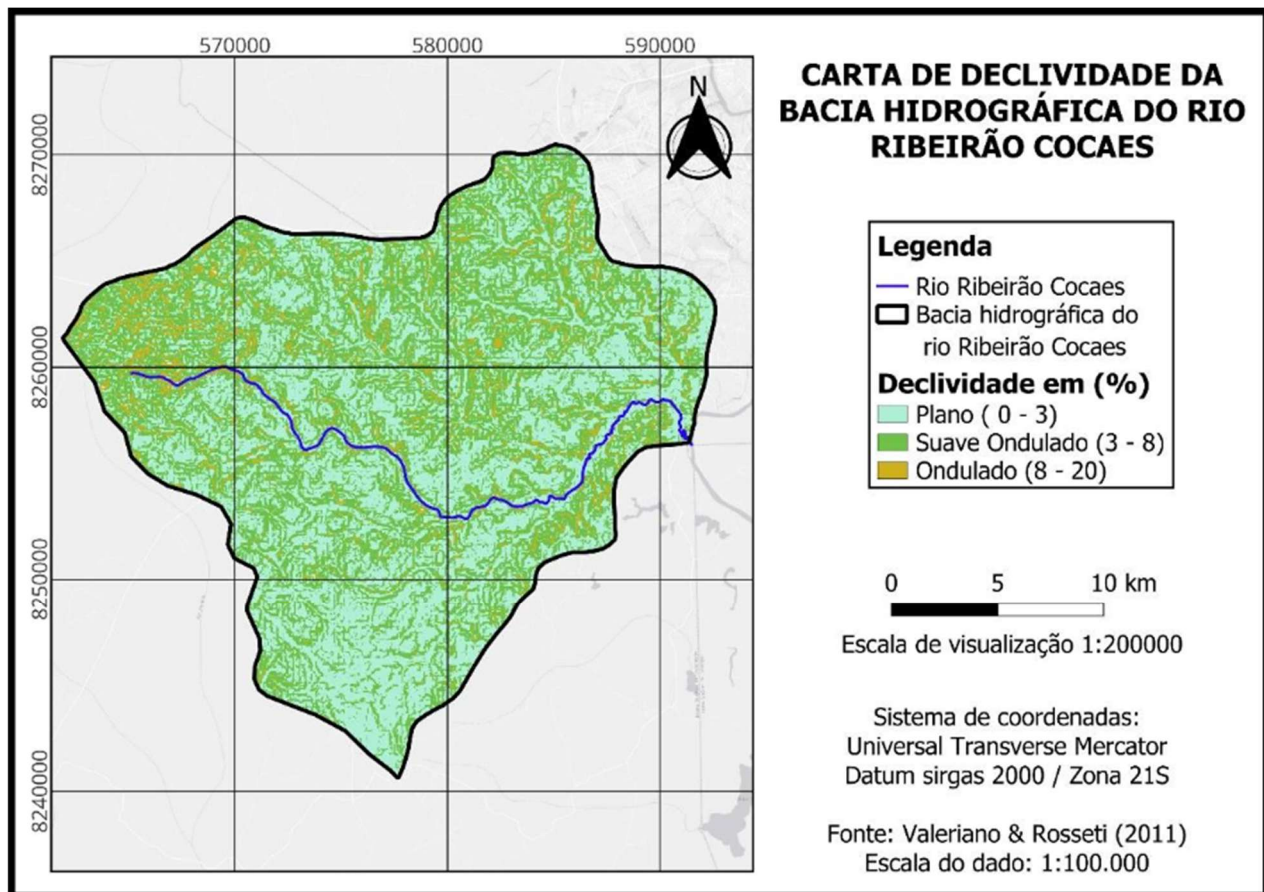


Figura 2: Carta de declividade bacia hidrográfica do rio Ribeirão dos Cocaes. Fonte: elaborado pelos autores (2025), utilizando arquivo raster de Valeriano & Rossetti (2011).

4.2 Uso e Cobertura do Solo

A intensidade de uso e ocupação de uma bacia hidrográfica está fortemente associada ao nível de impermeabilização do solo dessa mesma região (Sebusiani e Bettine, 2011). Ainda de acordo com Sebusiani e Bettine, (2011) as normas de usos e ocupação de bacias hidrográficas no meio urbano restringem-se aos zoneamentos urbanos e delineiam-se segundo tendências político-administrativas de expansão territorial, este fato ocasiona conflitos de ordem ambiental e, em muitos casos, a ocupação ocorre de modo desordenado.

Em relação ao uso e à cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeirão Cocaes, foram observadas 13 classes, conforme pode ser visto na Figura 03.

A classe mais abundante é o Mosaico de Usos, definido pelo MapBiomas Brasil (2023) como áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e/ou agricultura. Em uma bacia hidrográfica, uma característica de heterogêneo, no uso e à cobertura do solo pode influenciar na qualidade da água e o equilíbrio ecológico, pois diferentes atividades agrícolas e pecuária apresentam variados impactos sobre a erosão do solo, com isso modificando o escoamento superficial e a infiltração.

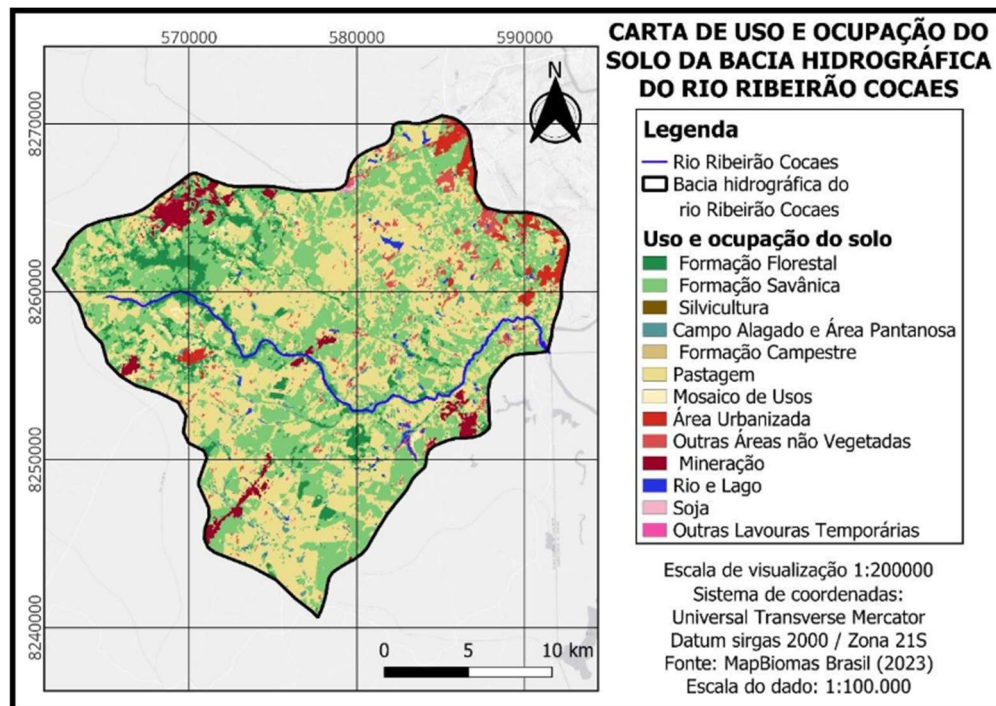


Figura 3: Carta de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Ribeirão dos Cocaes. Fonte: elaborado pelos autores (2025), utilizando arquivo raster do MapBiomias Brasil (2023).

4.3 Pedologia

Referente à pedologia da área de estudo, foram observadas 11 classes, conforme revela a Figura 04.

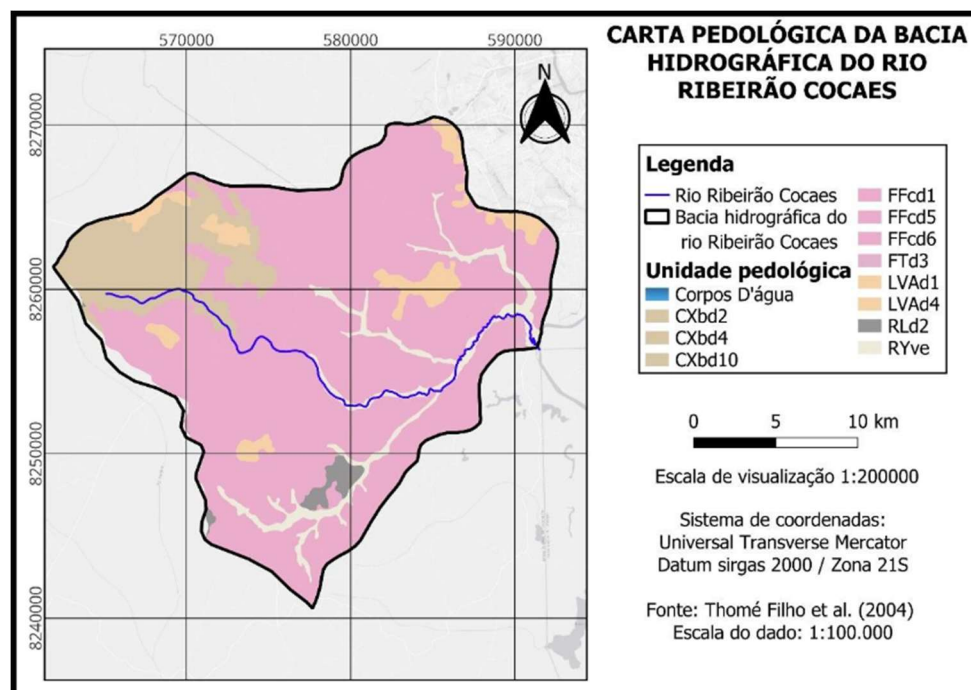


Figura 4: Carta pedológica da bacia hidrográfica do rio Ribeirão dos Cocaes. Fonte: elaborado pelos autores (2025), utilizando arquivo vetorial de Thomé Filho *et al.* (2004).

A classe de solo mais abundante é denominada FFcd1. Thomé Filho *et al.* (2004) a descrevem como: Plintossolo Pétrico Concrecionário Distrófico Argissólico, com textura média, muito cascalhenta/argilosa, muito cascalhenta; e

Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico, com textura média e argilosa, ambos com acidez moderada, fase Cerrado Tropical Subcaducifólio, o uso é composto por algumas poucas pastagens naturais, e o relevo é suave ondulado.

4.4 Geologia

Quanto à geologia da área de interesse, são identificadas cinco unidades, como se vê na Figura 5.

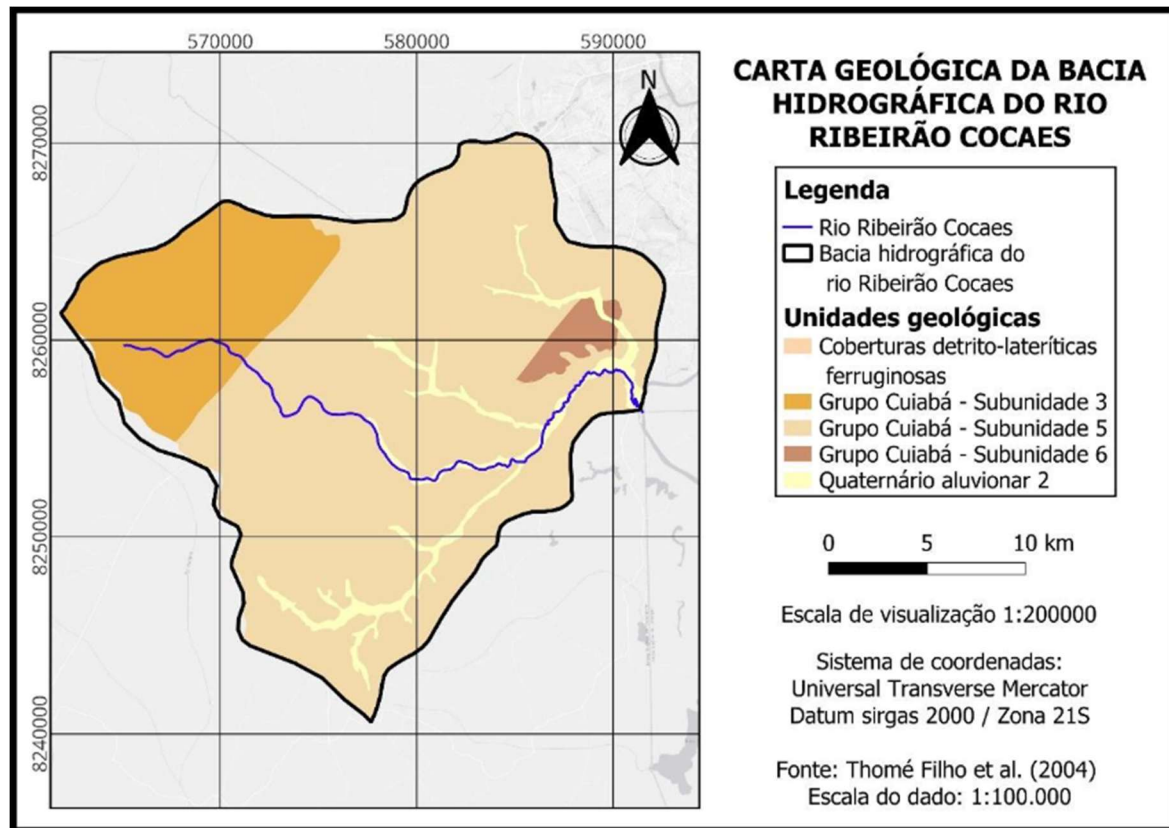


Figura 5: Carta geológica da bacia hidrográfica do rio Ribeirão dos Cocais. Fonte: elaborado pelos autores (2025), utilizando arquivo vetorial de Thomé Filho et al. (2004).

A unidade predominante é denominada Grupo Cuiabá – Subunidade 5. A Subunidade 5 do Grupo Cuiabá foi descrita por Thomé Filho et al. (2004) como pertencente ao Eon Proterozoico, era Neoproterozoica, período Criogeniano/Neoproterozoico III, o ambiente sedimentar é marinho, com sistema sedimentar profundo e tipo sedimentar pelágico, os metamorfismos predominantes são do tipo xisto verde, a litologia é composta por filito/filito sericítico, metarcóseos, metarenitos, quartzitos e metamicroc. Por serem mais resistentes à erosão estas rochas, em determinados locais, formam elevações de pequeno porte, alongadas na direção NE-SW, ou mesmo constituindo morros-testemunhos (monadnoks) como é o caso dos morros de Santo Antônio (Thomé Filho et al. 2004).

4.5 Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI)

A vegetação protege o solo, impede erosões, desmoronamentos de encostas e assoreamento dos corpos d'água, ou seja, contribui para a preservação do solo e seus atributos (Montebelo, et al. 2005). A vegetação é um importante indicador geoambiental, pois sofre influência dos fatores climáticos, edafológicos e bióticos, exerce importante papel na estabilização dos geoambientes, visto que protegem o solo dos processos erosivos, facilita a distribuição, infiltração e acumulo das águas pluviais e influencia nas condições climáticas do ambiente (Vilar Almeida e Cunha, 2012).

Segundo Maia (2023), os valores de NDVI podem ser classificados de forma qualitativa, a partir de seus intervalos quantitativos, valores entre -1 a 0 indicam a presença de água, de 0 a 0,2 correspondem a áreas de solo exposto e adensamento urbano, entre 0,2 a 0,6 indicam vegetação moderada e valores superiores a 0,6 representam vegetação densa.

Com relação à saúde da vegetação na área de estudo, a classe dominante corresponde aos índices de NDVI entre 0,25 a 0,40, sendo classificada, de acordo com Maia (2023), como vegetação moderada, conforme pode ser observado na Figura 6. Esse intervalo indica vegetação de baixa densidade e sugere a presença de áreas com cobertura vegetal moderada, geralmente associadas a pastagens informação que coincide com os dados apresentados na carta de uso e cobertura do solo. A cobertura vegetal das bacias hidrográficas sofre várias modificações quer sejam naturais ou artificiais, e estas modificações produzem os mais variados impactos no meio ambiente, o escoamento superficial é um dos primeiros fatores a serem alterados quando a cobertura vegetal da bacia é modificada e, consequentemente, a produção de sedimentos (Santos *et al.*, 2000).

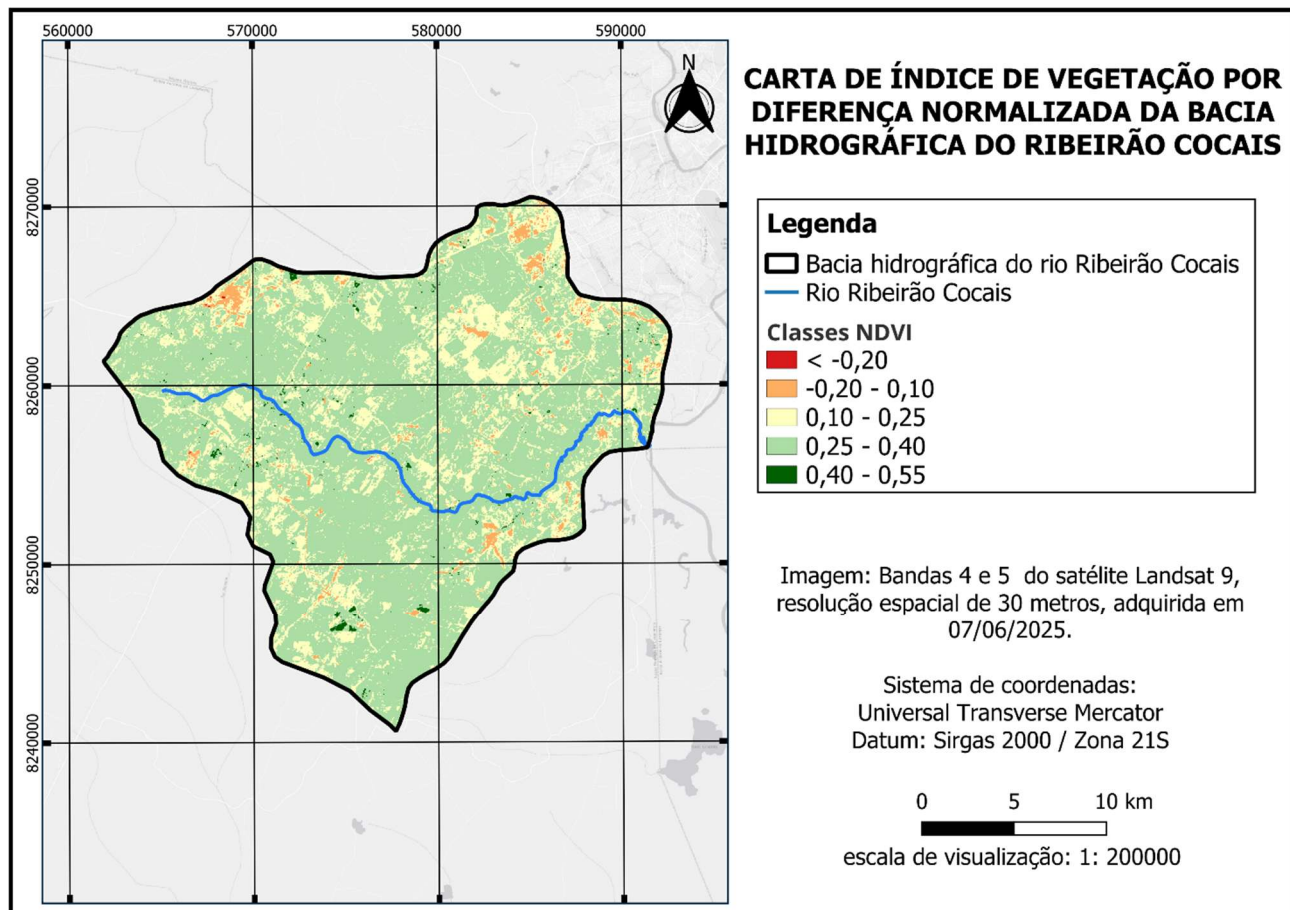


Figura 6: Carta de Índice de vegetação da diferença normalizada da bacia hidrográfica do rio Ribeirão dos Cocais. Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Em relação à temática da cobertura vegetal da área de estudo, está protegida contra os avanços da suscetibilidade à erosão, com a área predominante alcançando valores de NDVI entre 0,25 a 0,40, sendo classificada como vegetação moderada. A vegetação moderada contribui para a redução da velocidade do escoamento superficial, melhora a infiltração de água e diminui a compactação do solo, desempenhando um papel importante na mitigação dos impactos da erosão. A vegetação moderada ajuda a diminuir a velocidade do escoamento superficial, melhora a infiltração de água e reduz a compactação do solo, desempenhando um papel importante na redução dos efeitos da erosão.

4.6 Carta de temperatura superficial

No que diz respeito à temperatura superficial da bacia hidrográfica do rio Ribeirão dos Cocais, a faixa de temperatura mais comum está entre 31 °C e 36 °C, observada no dia 07/06/2025, conforme mostrado na Figura 07. O aumento da temperatura da superfície pode afetar de forma negativa os processos hidrológicos locais, como a evapotranspiração e a recarga de água, além de agravar fenômenos como ilhas de calor em áreas mais urbanizadas.

De acordo com Souza *et al.*, (2024), a ausência de cobertura vegetal de grande porte, proporciona que a radiação solar chegue ao solo de forma mais intensa e direta, a radiação solar acaba sendo um dos principais fatores para a degradação do solo. A temperatura é função muito importante na sobrevivência das plantas por estar diretamente ligada ao seu crescimento e desenvolvimento (Zolin *et al.*, 2020). Quando a radiação solar atinge a superfície, uma parte dessa energia é absorvida pelo solo, podendo causar diferentes efeitos prejudiciais ao mesmo, tal como ressecamento, fragmentação, dificuldade de exploração biológica por espécies vegetais, etc (Souza *et al.*, 2024).

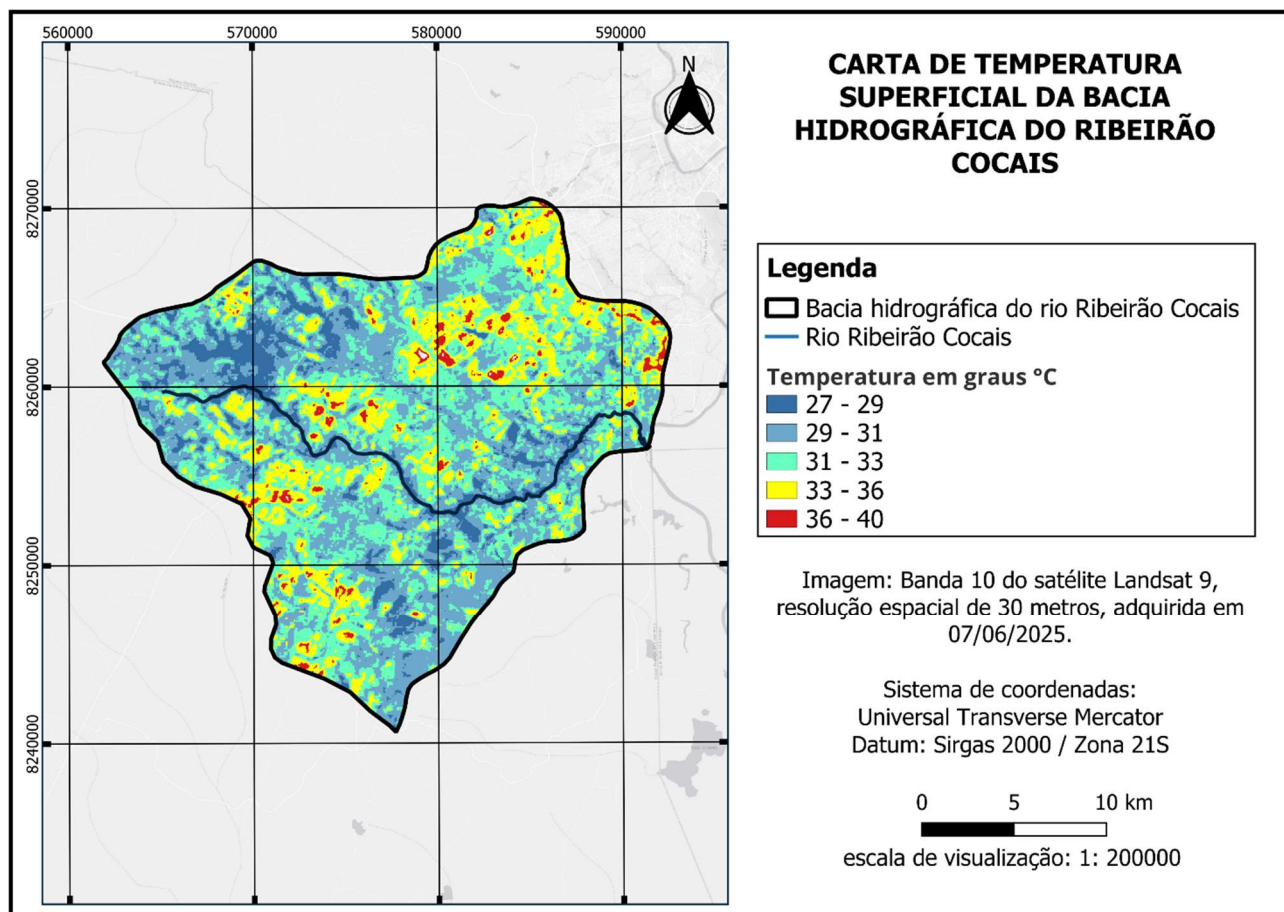


Figura 7: Carta de temperatura superficial da bacia hidrográfica do rio Ribeirão dos Cocais. Fonte: elaborado pelos autores (2025).

5. Resultado

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Cocais apresenta diferentes níveis de Índice de Transformação Antrópica (ITA), como demonstrado na Figura 08. No que se refere ao tamanho da área de cada classe, a classe pouco degradada ocupa 228,98 km², o que representa 46,68%. A classe regular possui 222,13 km², ou 45,28%. A classe degradada tem 36,29 km², representando 7,40%, e a classe muito degradada abrange 3,17 km², o que equivale a 0,65%. A predominância de áreas da coloração verdes sugere que a maior parte da bacia ainda está em um estado de conservação relativamente bom, classificado como pouco degradada. Essas regiões são importantes para a saúde do ecossistema, pois contribuem para a manutenção da qualidade da água, controle da erosão e preservação da biodiversidade.

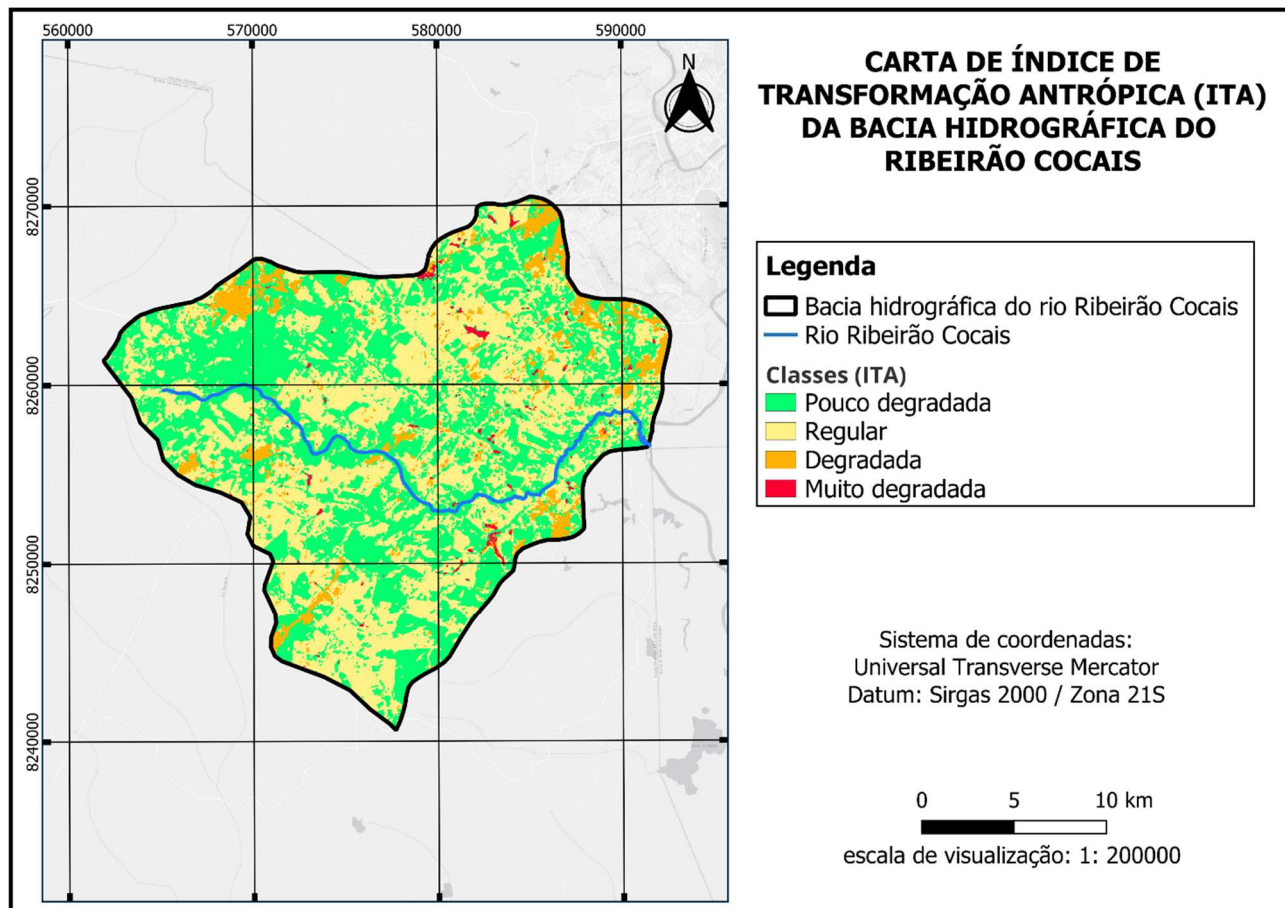


Figura 8: Carta de Índice de Transformação Antrópica (ITA) da Bacia de hidrográfica do Ribeirão dos Cocais. Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Entretanto, as manchas coloridas de amarelo e laranja, que simbolizam as classificações regular e degradada, apontam para a significativa intervenção humana na paisagem. Essas mudanças, possivelmente resultantes de atividades como agricultura, pecuária e crescimento urbano, podem afetar a capacidade de suporte da bacia.

Denota que a Carta de Vulnerabilidade dos solos e dos recursos Hídricos (Figura 09) maior parte da bacia é considerada pouco vulnerável, no entanto, existem áreas de alta e extrema vulnerabilidade, especialmente perto da rede de drenamento e em áreas de uso intensivo do solo. Para fins de conservação e manejo adequado, essas áreas precisam de atenção especial.

De acordo com Vital e Valdoveu (2010), bacia do Ribeirão dos Cocais é sujeita a picos de enchentes, grande volume de água escorrendo pelo seu exutório durante o período de chuva e intermitência durante o período de seca e lençol freático cada vez com maior déficit de alimentação. Esses resultados permanecem consistentes com a dinâmica atual observada na região, em que o crescimento das atividades agropecuárias e a expansão das áreas de solo exposto agravam o escoamento superficial e diminuem a infiltração de água.

Apesar de Batista (2023) e Maia (2023) terem realizado suas pesquisas em diferentes campos de estudo, os resultados desses autores corroboram padrões semelhantes. Os autores indicam que a combinação de um relevo levemente ondulado, uso agropecuário diversificado e cobertura vegetal moderada contribui para o aumento da vulnerabilidade hídrica. Desse modo, as observações atuais na bacia do Ribeirão dos Cocais seguem a mesma tendência regional indicada por essas pesquisas recentes.

Em termos de tamanho de área das classes da carta de Vulnerabilidade dos solos e dos recursos hídricos, a classe muito pouco vulnerável possui uma área de 220,17 km², o que corresponde a 44,88% do tamanho da bacia. A classe pouco vulnerável ocupa 219,17 km², ou 44,68%. A classe vulnerável tem 18,76 km², representando 3,82%, enquanto a classe muito vulnerável cobre 22,55 km², ou 4,60%. Já a classe extremamente vulnerável abrange 3,86 km², o que equivale a 0,79%. Além disso, há uma porção a oeste da área de estudo que não foi contemplada no mapeamento devido à falta de arquivo vetorial.

A visualização do mapa de Vulnerabilidade dos solos e dos recursos Hídricos mostra que a maior parte da bacia é classificada como pouco vulnerável (verde claro), o que indica que ela tem uma capacidade natural de resistir à erosão, compactação e contaminação. Essa característica é essencial para preservar a qualidade da água e a produtividade do solo na região.

Entretanto, há trechos em que a vulnerabilidade é maior, como nas áreas marcadas em amarelo, laranja e vermelho. Embora menos extensas, essas áreas são pontos críticos que exigem atenção especial. Elas podem ser mais propensas a fenômenos como erosão hídrica, assoreamento de rios e contaminação do lençol freático, principalmente quando expostas a práticas inadequadas de uso do solo.

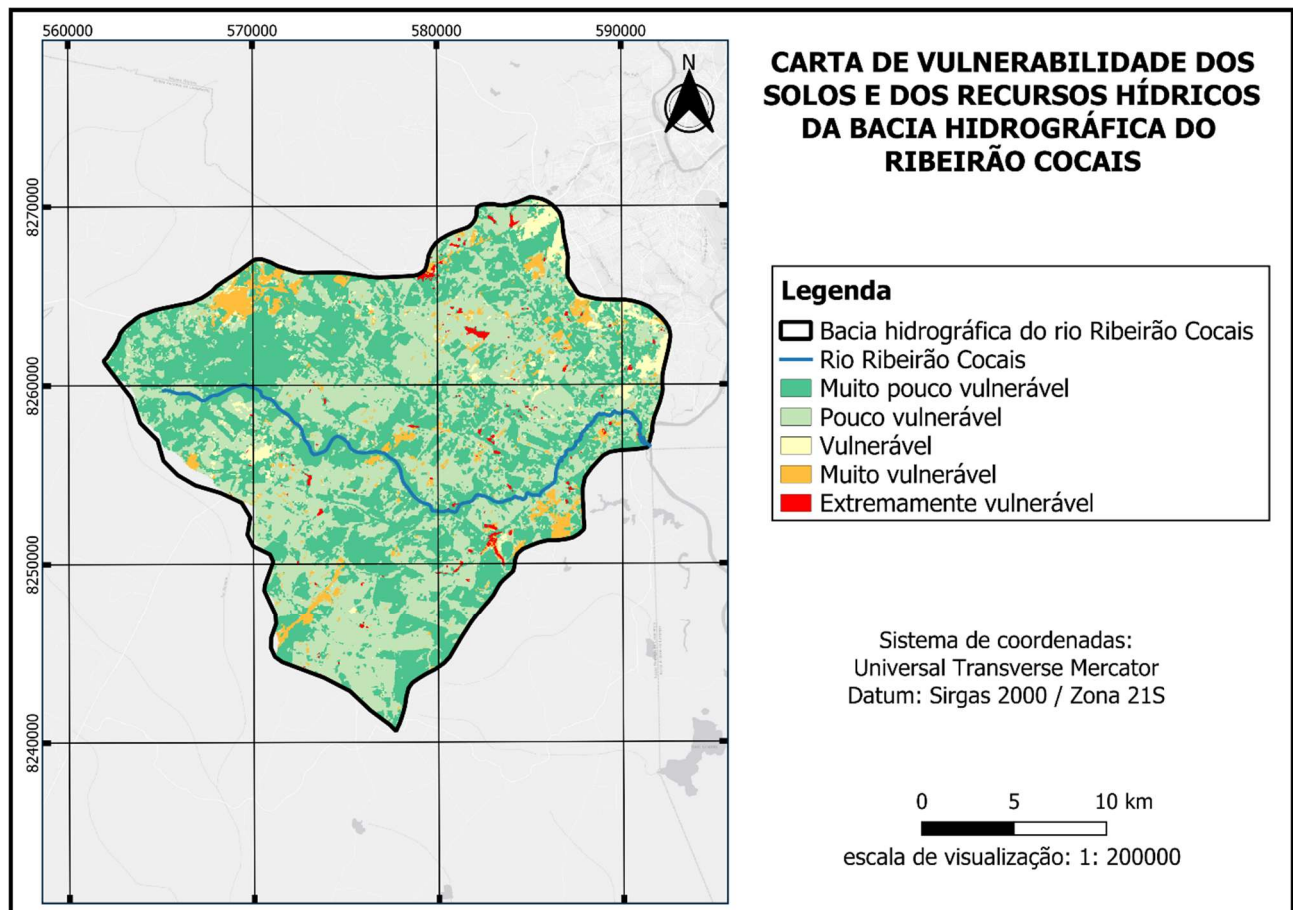


Figura 09: Carta de Vulnerabilidade dos solos e dos recursos Hídricos da Bacia de hidrográfica do Ribeirão dos Cocais. Fonte: elaborado pelos autores (2025).

A carta de suscetibilidade à erosão, (Figura 10) a análise do mapa indica que a bacia abrange uma vasta área com suscetibilidade Baixa à erosão, indicada pela cor verde. Em relação à área de suscetibilidade à erosão de cada classe, a classe Baixa possui uma área de 250,19 km², o que corresponde a 51% da área de estudo. A classe Moderada ocupa 212 km², representando 44,64%. A classe de alta suscetibilidade à erosão tem uma área de 3,12 km², correspondendo a 3,12% e uma área que não foi contemplada pelo mapeamento possui 6,06 km², o que corresponde a 1,24%, esta última área está localizada na porção oeste, que não foi contemplada pelo mapeamento devido ao mesmo motivo que a carta de Vulnerabilidade dos Solos e dos Recursos Hídricos.

Apesar de existirem trechos de baixa suscetibilidade (em verde), que demonstram maior resiliência, as áreas de alta suscetibilidade (em vermelho) representam pontos de atenção crítica. Nessas áreas, o solo é intrinsecamente mais delicado e está sujeito a uma erosão intensa, resultando em problemas como o assoreamento do Ribeirão dos Cocais.

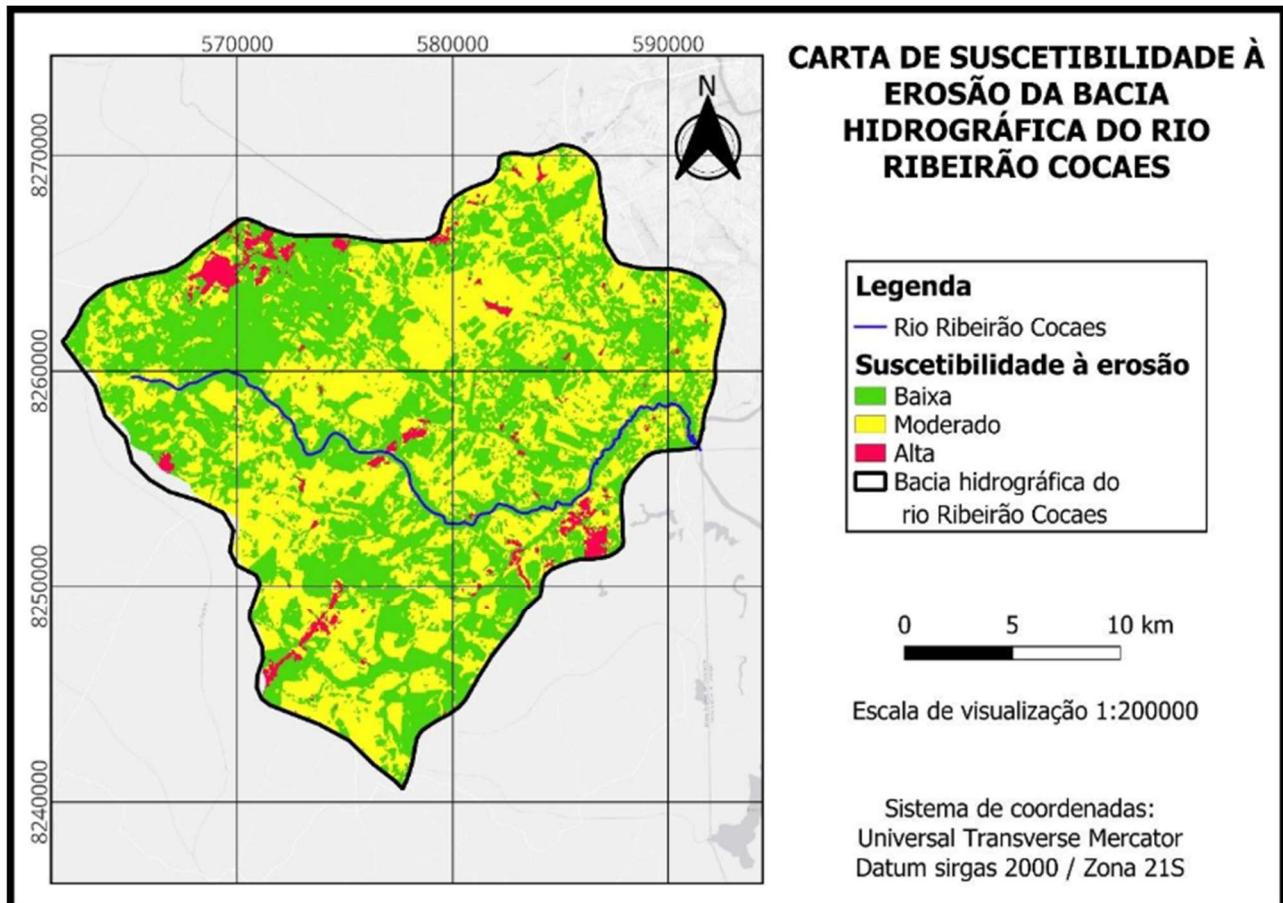


Figura 10: Carta de suscetibilidade à erosão da bacia hidrográfica do rio Ribeirão dos Cocais. Fonte: elaborado pelos autores (2025).

O uso inadequado do solo pode agravar a erosão do solo. O uso de áreas altamente propensas à erosão para atividades como agricultura intensiva, sem a adoção de práticas de conservação, eleva consideravelmente o risco de degradação ambiental.

De acordo com Pinto (2023), suscetibilidade à erosão de baixa a média as medidas necessárias a serem tomadas são a manutenção da cobertura vegetal até o momento da ocupação a implementação do sistema de drenagem de águas pluviais antes da efetiva ocupação, além de utilização de sondagens mistas em projetos de infraestrutura, avaliação da erosividade dos materiais superficiais.

Para áreas com suscetibilidade à erosão de média a alta, Pinto (2023) recomenda adotar todas as medidas indicadas para áreas com suscetibilidade de baixa a média, além disso, orienta que não se deve ocupar terrenos com declividade superior a 30%, devido ao risco de erosão e movimentos de massa, e que se evite realizar cortes verticais no terreno natural.

6. Conclusão

Na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeirão dos Cocais, o uso de métodos de geoprocessamento provou ser eficaz para a análise combinada da propensão à erosão, vulnerabilidade dos solos e recursos hídricos, além do índice de transformação antrópica. Os resultados mostraram que aproximadamente 51% da área têm baixa suscetibilidade, 44,6% têm suscetibilidade moderada e apenas 4,3% têm alta a muito alta suscetibilidade à erosão. As regiões mais críticas estão ligadas a áreas de uso agropecuário e urbano, especialmente nas proximidades da rede de drenagem, onde o relevo e a utilização intensiva do solo favorecem a erosão.

Esses dados são necessários para o planejamento ambiental regional, uma vez que possibilitam a identificação de áreas prioritárias para conservação e manejo, auxiliando na diminuição de impactos como assoreamento, erosão do solo e contaminação da água. Além disso, a pesquisa destaca a relevância de preservar a cobertura vegetal moderada, que predomina na bacia, como um meio de proteção natural contra a erosão.

Dentre as limitações do estudo, ressalta-se a resolução espacial de 30 m dos dados empregados, que pode levar à subestimação das variações locais de relevo e uso do solo, além da falta de validação em campo, o que limita a comprovação empírica dos resultados alcançados. Pesquisas futuras podem abranger levantamentos geotécnicos aprofundados, medições em campo e modelagem hidrológica, com o objetivo de apoiar a criação de uma Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização, contribuindo para um planejamento territorial mais seguro e sustentável.

Referências Bibliográficas

1. AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. de. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 124-130, abr. 2001. DOI:10.1590/S1415-43662001000100023
2. ARAÚJO, I. N. F.; MELO, J. F. G.; MARINHO, A. P. F.; SILVA, R. D.; RIBEIRO, A. C. S.; CUNHA, G. K. G.; CUNHA, K. P. V. da. Influência da declividade na erosão e degradação ambiental do Médio Piranhas Potiguar. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE (CONGESTAS)**, 6., 2018, Itu, SP. *Anais...* Itu: CONGESTAS, 2018. ISSN 2318-7603.
3. BATISTA, D. P. A religiosidade como elemento de pertencimento humano no município de Nossa Senhora do Livramento – Mato Grosso. **Humanidades & Inovação**, v. 9, n. 24, 2022. Publicado em 2023.
4. Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 11 de junho de 2025 através do link: https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/collection_9/lcl/coverage/brasil_coverage_2023.tif
5. COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. [entre 741–753], ago. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400019>. Acesso em: 18 set. 2025].
6. DEMARCHI, Julio Cesar; PIROLI, Edson Luís; ZIMBACK, Célia Regina Lopes. ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLOS POR EROÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS PEROBAS (SP) NOS ANOS 1962 E 2011. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, [S. l.], v. 46, n. 1, p. 110–131, 2019. DOI: 10.5380/raega.v46i1.56746. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/56746>. Acesso em: 18 ago. 2025.
7. LEITE, A. P.; SANTOS, G. R.; SANTOS, J. É. O. Análise temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI na Estação Experimental de Itatinga utilizando imagens Landsat 8. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 4, p. 606–623, 2017.
8. MAIA, M. R. S. G. **Análise das ilhas de calor urbanas de superfície na cidade de Salvador-BA**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.
9. MALTA, F. F. A bacia hidrográfica como cenário de conflito e cooperação. **Espaço & Geografia**, v. 20, n. 1, p. 69–97, 2017. ISSN 1516-9375.
10. MONTEBELO, L. A.; CASAGRANDE, C. A.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; CUTOLO, A. P. A. Relação entre uso e cobertura do solo e risco de erosão nas áreas de preservação permanente na bacia do ribeirão dos Marins, Piracicaba-SP. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 12., 2005, Goiânia. *Anais [...]*. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3829–3836.
11. MORETI, Dolorice; VITAL, Antonio Rocha; VALDOVEU, Mayra Cristina. Diagnóstico ambiental para a recuperação da Bacia Ribeirão dos Cocais – MT. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 18, n. 1, p. 1–10, 2020.

12. Mussama, I., & Ossulande, Z. (2025). Geoprocessamento Aplicado à Análise Espacial das Áreas de Fragilidade Ambiental na Bacia do Nipode na província da Zambézia, Moçambique. **Agropecuária Científica no Semiárido**, 21(1). <https://doi.org/10.30969/acsa.v21i1.1476>
13. PINTO, G; C. **CARTA DE SUSCETIBILIDADE À PROCESSOS DA DINÂMICA SUPERFICIAL DA COMUNIDADE DO COXIPÓ DO OURO - CUIABÁ/MT**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2023.
14. PINTO, G. C.; FRANÇA, M. S. de. Caracterização das folhas topográfica 27 e 28 do Distrito Federal. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 22, n. 9, p. e18348, 2025. DOI: 10.54033/cadpedv22n9-296. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/18348>. Acesso em: 18 ago. 2025.
15. RIBEIRO, F. R. S. **Análise do risco de degradação do solo no município de Crateús (CE): uso do Geoprocessamento na avaliação da cobertura vegetal, declividade e erodibilidade**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Campus de Crateús, Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/81960>. Acesso em: 21 out. 2025.
16. SANTOS, C. A. G; SUZUKI, K; WATANABE, M; SRINIVASAN, V. S. Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido Paraibano. **Gestão e Controle Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 1-10, abr. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000100017>. Acesso em: 20 out. 2025.
17. SEBUSIANI, H. R. V.; BETTINE, S. C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional – G&DR**, v. 7, n. 1, p. 256–285, jan./abr. 2011. Taubaté, SP, Brasil.
18. SILVA, L. G; GALVÍNCIO, J. D. Análise comparativa da variação nos índices NDVI e SAVI no Sítio PELD–22, em Petrolina–PE, na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 1446–1456, 2012.
19. SILVA, M. M. A. P. M. **Efeitos naturais e antrópicos na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG utilizando técnicas de geoprocessamento**. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2018.
20. SOUSA, F. R. C. de; PAULA, D. P. de. Análise de perda do solo por erosão na bacia hidrográfica do rio Coreaú (Ceará-Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 3, 2019.
21. SOUZA, R. S; ABREU, A. A; ALVAREZ, W. P. O uso do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise de degradação do solo na microbacia do Rio Tucuruí, Brasil Novo – PA. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 21 a 27 out. 2024, João Pessoa/PB.
22. THOMÉ FILHO, Jamilo José (Org.) **Sistema de Informação Geoambiental de Cuiabá, Várzea Grande e Entorno – SIG CUIABÁ**. Org. Jamilo J. Thomé Fo, Gilberto Scislewski, Edgar Shinzato, Gustavo A. Rocha, Marcelo Dantas, Prudêncio R. Castro Jr., Eric S. Araújo, Denise C. R. Melo, Regina Célia Gimenez Armesto, Lígia Maria Nascimento de Araújo. Goiânia: CPRM, 2004. (Convênio CPRM/SICME). 2 v. il. + mapas.
23. VILAR ALMEIDA, N.; BAPTISTA DA CUNHA, S. A COBERTURA VEGETAL E SUA IMPORTÂNCIA NA ANALISE MORFODINÂMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ – NORDESTE DO BRASIL/ PARAÍBA. **REVISTA GEONORTE**, [S. l.], v. 3, n. 6, p. 365–378, 2012. Disponível em: [//periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1953](http://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1953). Acesso em: 20 out. 2025.

24. VITAL, A. R; VALDOVEU, M. C. Caracterização da Bacia do Ribeirão dos Cocais. In: **REUNIÃO ANUAL DA SBPC**, 62., 2010, Natal. Anais [...]. São Paulo: SBPC, 2010. Realizada de 25 a 30 de julho na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN.

25. WANDERER, C. Ad. **Identificação de áreas degradadas por meio do Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI)**. 2017. 77 f. Monografia (Especialização em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável) – Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017.

26. ZOLIN, T. D. S; FERNANDES, S. S. L; RIBEIRO, V. O; CARVALHO, L. A; PARANHOS FILHO, A. C. Carta de Áreas Prioritárias para Recuperação na Bacia do Córrego Laranja Doce, em Dourados/MS, com base no Fator A e Temperatura de Superfície Terrestre. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, BR., v. 43, n. 3, p. 190_202, 2020. DOI: 10.11137/2020_3_190_202. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/38588>. Acesso em: 20 oct. 2025.