



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Análise de vulnerabilidade, uso e ocupação na bacia hidrográfica do igarapé Redenção, Acre, Brasil

Yves Dias Brito¹; Avilyn Barbara Garcia Lopes²; Clarice Maia Carvalho³; Girlene Lima de Araújo⁴; José Genivaldo do Vale Moreira⁵; Rodrigo Otávio Peréa Serrano⁶; Clemilton Alves da Silva⁷.

¹Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia, Universidade Federal do Acre, BR 364, Km 4, CEP: 69.915-900 - Rio Branco, AC, yvesbrito@gmail.com (autor correspondente); ² Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia, Universidade Federal do Acre, BR 364, Km 4, CEP: 69.915-900 - Rio Branco, AC, avilynbarbara8@gmail.com; ³Dra. em Biotecnologia, Professora Associada, Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, BR 364, Km 4, CEP: 69.915-900 - Rio Branco, AC, Telefone: (68) 3901-2510 clarice.carvalho@ufac.br; ⁴ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia, Universidade Federal do Acre, BR 364, Km 4, CEP: 69.915-900 - Rio Branco, AC, girlene_araujo@msn.com; ⁵ Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais, Professor Adjunto, Universidade Federal do Acre, BR 364, Km 4, CEP: 69.915-900 - Rio Branco, AC, jose.moreira@ufac.br; ⁶ Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais, Professor Adjunto, Universidade Federal do Acre, BR 364, Km 4, CEP: 69.915-900 - Rio Branco, AC, rodrigo.serrano@ufac.br; ⁷ Dr. em Genética e Melhoramento, Professor Adjunto, Universidade Estadual da Região Tocantins do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras. Universidade Estadual da Região Tocantins do Maranhão, Rua Godofredo Viana, 1.300 - Centro, CEP: 65.900-000, Imperatriz, MA, Telefone: (99) 3104-1254 clemilton.silva@uemasul.edu.br (autor correspondente).

Artigo recebido em 24/12/2024 e aceito em 12/02/2025

RESUMO

As atividades antrópicas na Amazônia, como o desmatamento para o agronegócio, causam degradação ambiental e afetam os ecossistemas. A ocupação desordenada perto dos cursos hídricos ameaça estes recursos, comprometendo a Política Nacional de Recursos Hídricos. A erosão do solo, exacerbada por ações humanas, é uma das principais causas de degradação nas bacias hidrográficas. O geoprocessamento, com ferramentas como sensoriamento remoto, permite monitorar a perda de solo e a vulnerabilidade à erosão, auxiliando na gestão dos recursos hídricos e no planejamento de ações mitigadoras, essenciais para a recuperação e conservação da bacia do Igarapé Redenção. O objetivo deste trabalho foi analisar a vulnerabilidade natural à perda de solos, uso e ocupação na bacia hidrográfica do Igarapé Redenção. O estudo foi conduzido seguindo a metodologia proposta por Crepani utilizando ferramentas de geoprocessamento, e para o mapeamento do uso e ocupação do solo foram utilizados os dados disponíveis na plataforma online MapBiomias. A vulnerabilidade ambiental está relacionada à capacidade do ambiente de lidar com interações externas, naturais ou antrópicas. A bacia do Igarapé Redenção apresenta vulnerabilidade moderada, com solos arenosos e sedimentares, e baixos índices de declividade que favorecem a estabilidade do solo. No entanto, a intervenção humana, como a agropecuária e a urbanização, intensifica a vulnerabilidade, especialmente na região da foz. A vegetação densa ajuda a mitigar a erosão, enquanto a alta pluviosidade aumenta a suscetibilidade à denudação. O reflorestamento e o controle da agropecuária são essenciais para reduzir os impactos ambientais e a perda de solos.

Palavras-chave: Recursos hídricos, Gestão de bacia hidrográfica, pdi, Geoprocessamento.

Vulnerability, use and occupation analysis in the Redenção stream basin, Acre, Brazil

ABSTRACT

Anthropogenic activities in the Amazon, such as deforestation for agribusiness, cause environmental degradation and affect ecosystems. Disorderly occupation near watercourses threatens these resources, compromising the National Water Resources Policy. Soil erosion, exacerbated by human actions, is one of the main causes of degradation in watersheds. Geoprocessing, with tools such as remote sensing, allows for monitoring soil loss and vulnerability to erosion, aiding in water resource management and planning mitigation actions, essential for the recovery and conservation of the Igarapé Redenção watershed. The aim of this study was to analyze natural vulnerability to soil loss, land use, and occupation in the Igarapé Redenção watershed. The study followed the methodology proposed by Crepani using geoprocessing tools, and land use mapping was carried out using data available on the MapBiomias online platform. Environmental

vulnerability is related to the capacity of the environment to handle external, natural, or anthropogenic interactions. The Igarapé Redenção watershed has moderate vulnerability, with sandy and sedimentary soils, and low slopes that favor soil stability. However, human intervention, such as agriculture and urbanization, intensifies vulnerability, especially in the mouth region. Dense vegetation helps mitigate erosion, while high rainfall increases susceptibility to denudation. Reforestation and agricultural control are essential to reduce environmental impacts and soil loss.

Keywords: Water Resources, Watershed Management, PDI, Geoprocessing

Introdução

As atividades antrópicas alteram constantemente o espaço e o meio ambiente, gerando pressão em áreas ainda conservadas e trazendo vulnerabilidade à perda das atividades ecossistêmicas (Silva et al., 2022).

Na região amazônica, isso ocorre principalmente devido à perda de floresta nativa para ocupação inicial e crescimento do agronegócio visando exportação e abastecimento nacional. Assim, as terras amazônicas vêm sofrendo grandes mudanças e degradações com o passar do tempo e, em função da utilização em atividades econômicas, ganharam importância no desenvolvimento da região (Monteiro, 2024).

O Homem, ao longo do tempo, buscou colonizar próximos aos cursos hídricos, com o intuito de satisfazer suas necessidades (Alves et al., 2018).

Com o crescimento desordenado da população, este tipo de ocupação pode representar ameaça aos recursos hídricos e ao objetivo da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei n.º 9.433,1997), do acesso à água em quantidade e qualidade às futuras gerações.

Diante disso, as bacias hidrográficas tornaram-se importantes unidades de estudo para caracterizar a vulnerabilidade ambiental dos recursos hídricos, visto que são tidas no âmbito do planejamento territorial como a unidade básica de análise para o desenvolvimento de ações e medidas estruturais e não estruturais com a perspectiva de integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental (Souza et al., 2022).

Neste contexto, a sub-bacia do Igarapé Redenção ganha importância como unidade territorial a ser analisada visto que compõe a bacia hidrográfica do Rio Acre, localizada na porção sul-ocidental da Amazônia Brasileira, que possui grande suscetibilidade às variações de vazão ocasionadas pelo inverno amazônico (Gomes et al., 2020), trazendo transtornos de abastecimento da população durante os períodos de seca.

Uma das principais causas de degradação de bacias hidrográficas é, de longe, a erosão dos solos, que resulta na perda de milhares de toneladas

de solo, causando problemas econômicos, ambientais e sociais (Vieira et al., 2020).

A erosão é um fenômeno natural que ocorre constantemente na superfície terrestre e é definida pelo transporte, deslocamento e deposição de partículas por meio de ventos e, principalmente, por rios ou precipitação (Lima e Feltrin, 2024). A erosão dos solos é considerada um fenômeno natural que pode ser entendida como um dos processos que causa a degradação dos solos (Guerra et al., 2020).

Apesar de ser um processo natural, quando acelerada pelas ações antrópicas, a erosão causa problemas de degradação do meio físico, alterações químicas e biológicas das águas (Vieira et al., 2020). As pressões antrópicas nas bacias hidrográficas promovem retirada da vegetação e movimentação do solo, influenciando na interferência, no movimento da água e sedimento na bacia de drenagem, aumentando o escoamento superficial e produção de sedimento, causando assoreamentos nos rios, voçorocas e redução da fertilidade dos solos (Souza-Filho et al., 2020).

A bacia hidrográfica do Igarapé Redenção está localizada na porção norte da bacia hidrográfica do rio Acre, região onde o desenvolvimento econômico está atrelado à pecuária, possuindo grandes propriedades de pecuária extensiva para bovinos de corte (Bueno, 2024). Isso traz como resultados interferências no uso e cobertura do solo em função das atividades agrícolas e abertura de estradas, deixando o solo mais vulnerável a desgastes naturais.

O geoprocessamento surge como alternativa para monitorar os agentes causadores de perda de solo e determinação de áreas de maior vulnerabilidade e susceptibilidade à erosão, sendo imprescindível para realizar caracterização dos processos antrópicos do meio físico, e surge como ferramenta para tomadas de decisões, possibilitando o acompanhamento temporal das transformações ocorridas no meio (Schleich et al., 2023).

O uso da geotecnologia é evidenciado em amplas áreas do campo científico, tais como o uso e ocupação do solo em escalas multitemporais, espacialização da perda de solo em bacias

hidrográficas, delimitação de bacias hidrográficas e mapeamento do uso da terra e estudos sobre a erosão em estradas não pavimentadas (Araújo & Maruschi, 2020).

Dentre as tecnologias utilizadas, o sensoriamento remoto aparece como importante ferramenta de gestão de recursos hídricos, com o qual pode-se avaliar as condições físicas da bacia hidrográfica e pontuar as principais ameaças às condições normais de abastecimento hídrico, possibilitando o desenvolvimento de medidas mitigadoras e planejamento de ações relacionadas ao uso dos corpos hídricos (Santos et al., 2024). Neste sentido, avaliar a vulnerabilidade e estimar a perda desses solos na bacia do Igarapé Redenção, associado ao uso e ocupação da terra, é importante para propor medidas mitigadoras, visando a

recuperação de áreas prioritárias conforme as leis ambientais.

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo analisar a vulnerabilidade natural à perda de solos, uso e ocupação na bacia hidrográfica do Igarapé Redenção, Acre, na Amazônia Ocidental Brasileira.

Material e métodos

Área de estudo

A bacia hidrográfica do igarapé Redenção se localiza ao norte do rio Acre, no qual tem sua foz, dentro da zona urbana da capital do estado do Acre, Rio Branco (Figura 1).

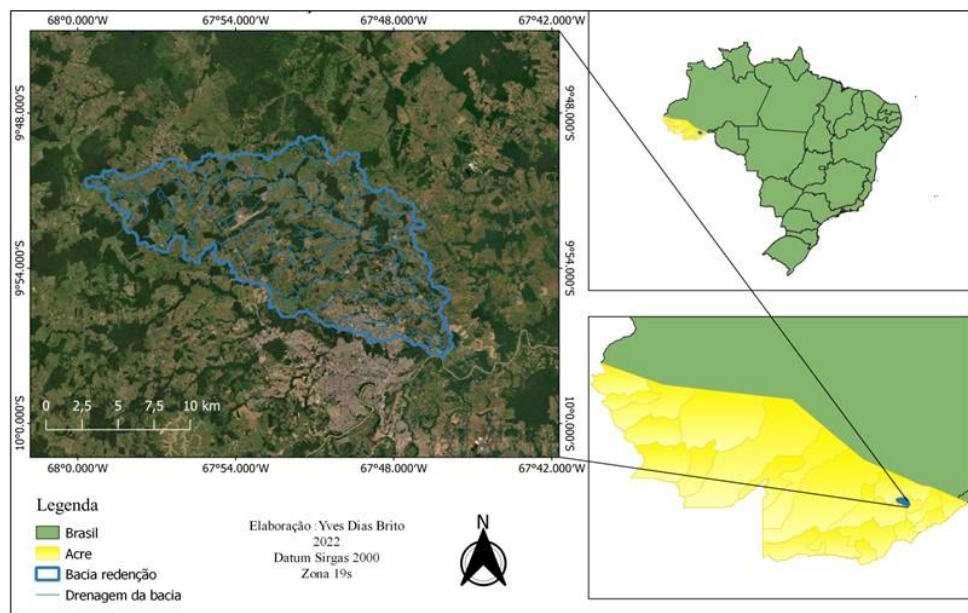


Figura 1. Localização da bacia do Igarapé Redenção, Rio Branco, Acre, Brasil.

Delimitação da bacia hidrográfica

Para delimitação da bacia do Igarapé Redenção foram utilizadas imagens do modelo digital de elevação (MDE) do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 metros disponibilizados gratuitamente pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

O processo de delimitação da bacia hidrográfica foi realizado de forma automática por meio do software do Sistema de Informações Geográficas QGis, versão 3.16 através das extensões *r.watershed* e *r.water.outlet*.

Análise de uso e ocupação do solo

Para o mapeamento do uso e ocupação do solo foram utilizados os dados disponíveis na plataforma online MapBiomas, disponível em arquivo de imagem anualmente de 1985 até 2021, sendo utilizado do ano de 2021 para esta pesquisa.

Análise de vulnerabilidade

A análise da vulnerabilidade natural à perda de solos foi realizada seguindo a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), que traz valores sugeridos de vulnerabilidade para diferentes características naturais do ambiente. Diante disto, a metodologia em questão utiliza a média aritmética segundo a atribuição de valores

para as classes de: vulnerabilidade para o tema Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação/Uso do solo e vulnerabilidade para o tema Clima, conforme equação a seguir.

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5}$$

Em que:

V = Vulnerabilidade

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema Solos

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação

C = vulnerabilidade para o tema Clima

Para confecção dos mapas e manipulação dos dados foi utilizado o software QGis 3.16, onde foram desenvolvidas cartas temáticas para cada classe supracitada e por fim foi utilizada a ferramenta *raster calculator* que calcula os valores especializados nas imagens, criando um produto visual da média aritmética das classes propostas pela metodologia.

Resultados e discussão

A vulnerabilidade está diretamente ligada à capacidade de o ambiente lidar com interações externas e os fatores causadores dessas interações podem ser naturais ou antrópicos (Saraiva-Maia et al., 2024), indicando a suscetibilidade decorrente da exposição ao risco, alterações ambientais e incapacidade de adaptação (Leite et al., 2022).

Para fatores naturais, como a geologia, o grau de suscetibilidade pode variar de acordo com o grau de coesão das partículas das rochas e consequentemente, com sua capacidade de absorção de umidade (González & Pérez, 2023).

Na bacia do igarapé Redenção foi verificado que, em maior parte do território, exceto à porção oeste, tem vulnerabilidade moderada, isso ocorre pela presença de matérias arenosas com rochas sedimentares predominantemente pelíticas e depósitos grosseiros e conglomerativos, segundo os dados do IBGE (2005) e que pertencem à formação do Rio Solimões.

Os sedimentos característicos da formação do Rio Solimões consistem em argilitos silticos e siltitos argilosos, apresentando concreções gipsíferas e carbonáticas, além de lentes de linhito e turfa, bem como sedimentos arenosos (arenitos) (Silva et al., 2024). É possível verificar a espacialização da vulnerabilidade à perda de solo pelo fator geológico na Figura 2.

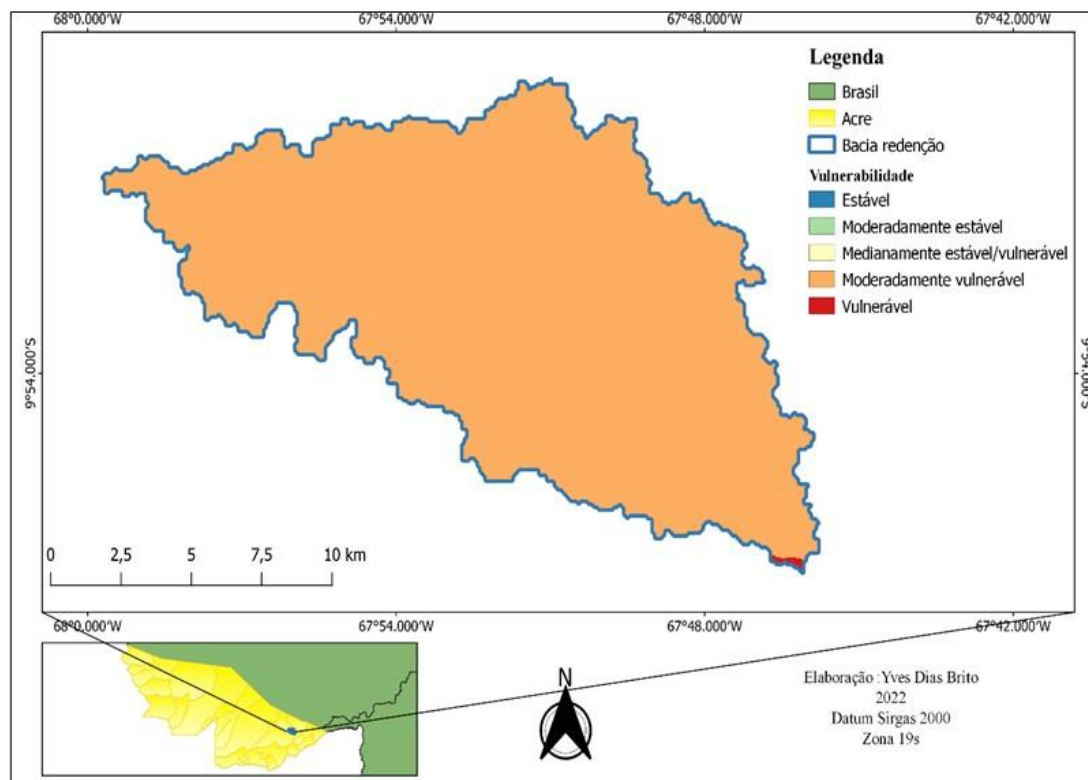


Figura 2. Mapa de vulnerabilidade à perda de solo pelo fator geologia (G).

Existem cinco principais tipos de movimentos de massa, ligados à declividade ou geomorfologia, do terreno em que ocorre, e à influência de chuvas ou movimentos hidrológicos, variando de movimentos suaves a bruscos, sendo eles as quedas, deslizamentos, expansões laterais, corridas e tombamentos (Sousa *et al.*, 2024).

De acordo com a ideia supracitada, para a variável geomorfologia foi considerada a declividade do terreno, variando de estável a moderadamente estável (Figura 3). Isso ocorre pela característica plana da região, com declividades predominantemente abaixo de 5% e variando de 5 a 10% nas regiões com drenagem de igarapés.

Ao contrário do que ocorre na bacia do Igarapé Redenção, em locais com elevada declividade, como evidenciam Silva *et al.*, (2024), há consideráveis registros de deslizamentos naturais, sendo que a retirada da cobertura vegetal, solos rasos e expressivos índices pluviométricos ampliam a frequência e a magnitude desses eventos.

É possível observar a tendência de maior vulnerabilidade próximo a formações de vertentes de água ou por onde passa o corpo hídrico principal, o igarapé redenção, isso ocorre devido ao curso de água representar a maior declividade do terreno.

Medeiros *et al.* (2022) trazem que a ampliação do escoamento superficial em um terreno, institui fator inevitável de degradação, pelo fato da relação íntima existente entre as vertentes, por carrearem sedimentos, e o sistema fluvial, pelas erosões e deposição de sedimentos.

Wang *et al.* (2023) corrobora com os resultados encontrados quando cita que temperaturas, tipos de regime de chuva e declives mais suaves estão associados a menores perdas de solo e nutrientes, evidenciando que a redução da declividade é um fator-chave na prevenção da erosão conservando a estrutura do solo e reduzindo o risco de eventos de instabilidade geomorfológica.

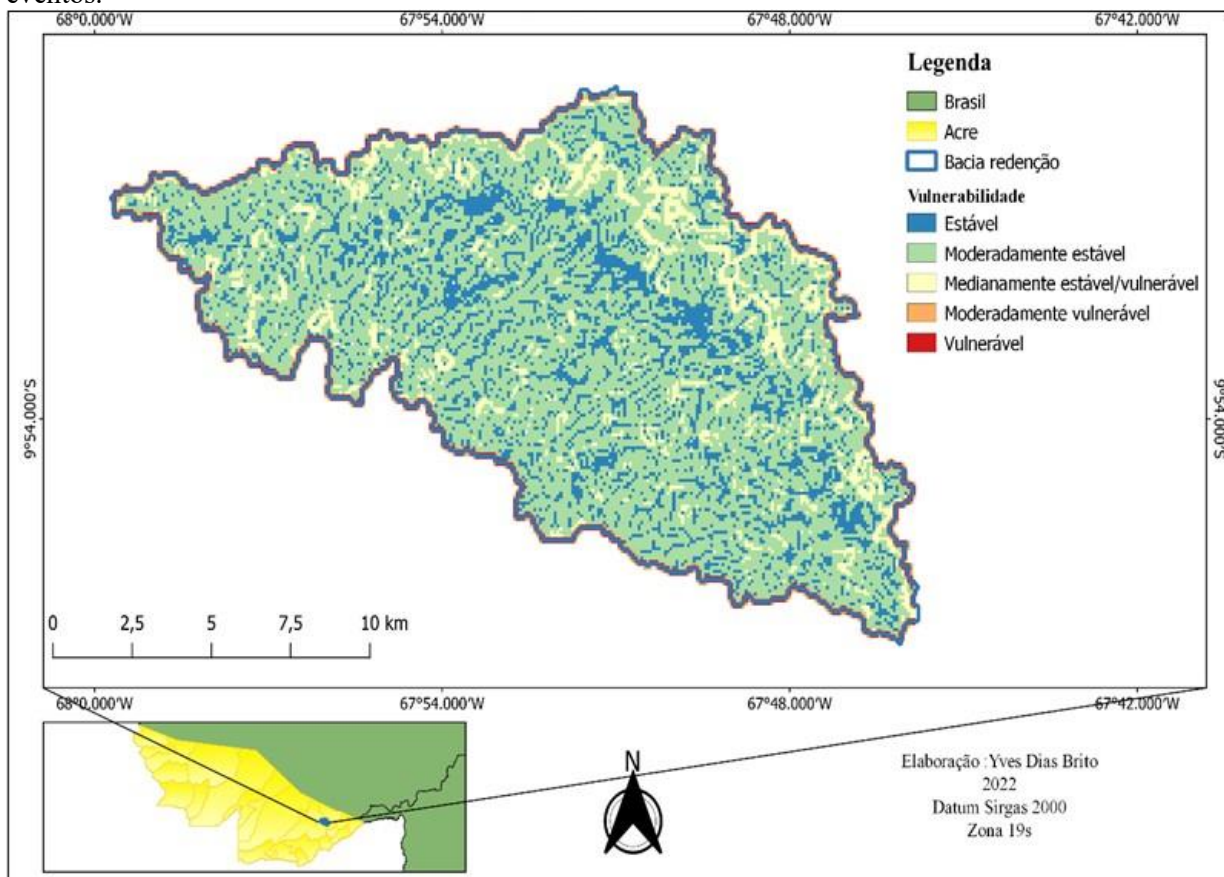


Figura 3. Mapa de vulnerabilidade à perda de solo pelo fator geomorfologia (R).

A maior ou menor suscetibilidade de um solo a sofrer os processos erosivos da morfogênese depende de diversos fatores e os mais importantes são: estrutura do solo, tipo e quantidade das argilas,

permeabilidade e profundidade do solo e a presença de camadas impermeáveis (Crepani *et al.*, 2001). Na área de estudo encontram-se Argissolos

vermelhos, gleissolos e predominantemente luvisolos (Embrapa, 2022).

Enquanto na região média e norte da bacia estão os argissolos e luvisolos com vulnerabilidade mediana, na região da foz encontram-se gleissolos que são mais vulneráveis à denudação (Figura 4), isso ocorre devido às suas características naturais.

O gleissolo é um solo mineral, pouco desenvolvido, com horizonte superficial do tipo húmico, seguido de horizonte glei, caracterizando pelo encharcamento e pouca permeabilidade, o que

favorece o escoamento superficial e arraste do solo e denudação (Filgueira et al., 2022).

A denudação gera uma série de consequências, dentre elas: o assoreamento, a poluição dos cursos hídricos, o empobrecimento do solo, a aceleração de processos erosivos, desmatamento em larga escala com o desaparecimento de espécies animais e vegetais devido à perda de seus habitats, dentre outros prejuízos ecológicos e sociais (Teixeira et al., 2021).

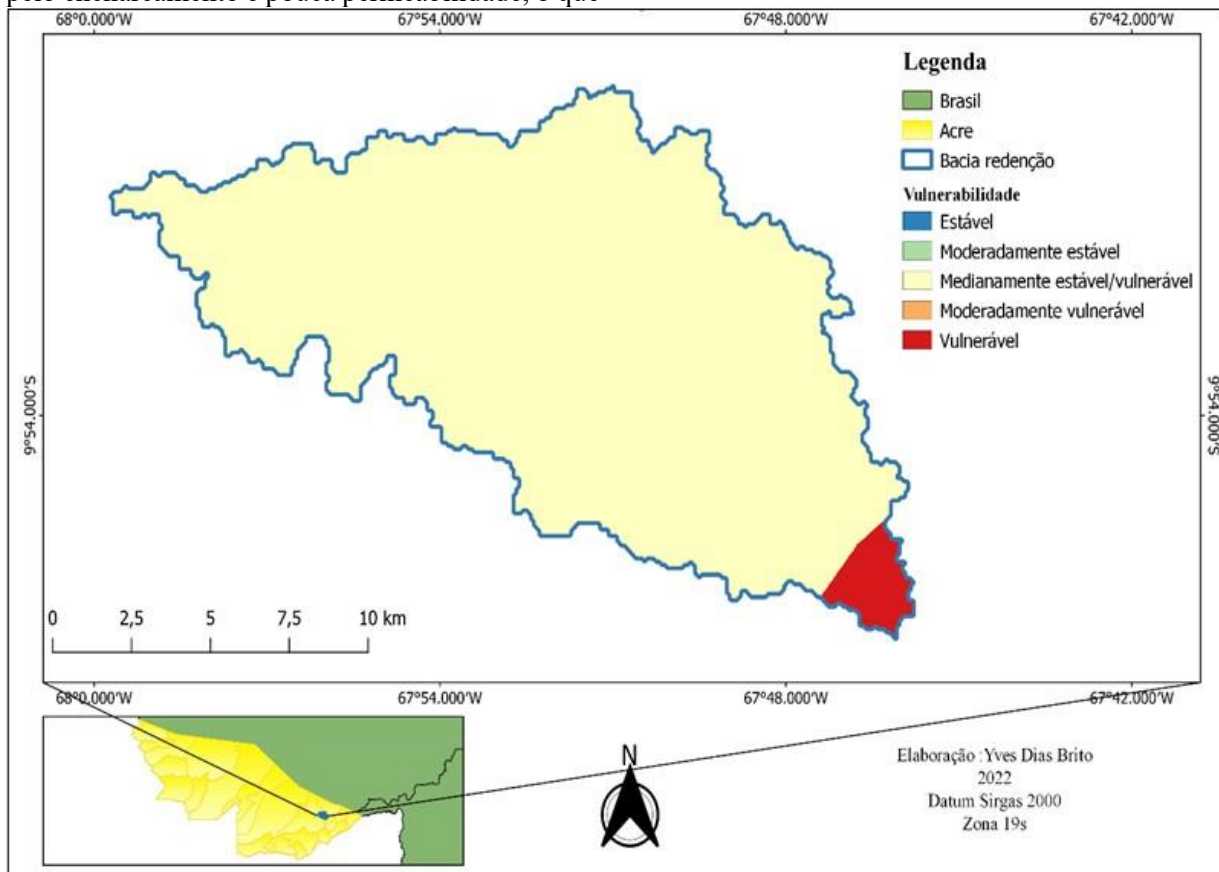


Figura 4. Mapa de vulnerabilidade à perda de solo pelo fator solos/pedologia (S).

A quantidade de áreas florestadas, áreas de matas ciliares dos rios, quantidade de áreas urbanas e indicadores que agregam mais de uma variável como a propensão ao risco à perda de solo são variáveis consideráveis na avaliação de vulnerabilidade ambiental de um território (Pires & Silva, 2025).

Em relação à vegetação, foi observado, de acordo com os dados do Projeto Radar na Amazônia Brasil (Radam-Brasil, 1985), que predomina uma área não florestada utilizada para pecuária, além de áreas menores com presença de floresta ombrófila aberta. Essa classificação varia de moderadamente estável nas áreas florestadas a vulnerável nas regiões com intervenção antrópica, como a pecuária, uma vez que, onde há maior

densidade de cobertura vegetal, a perda de solo é menor (Stein e Coscolin, 2020), conforme Figura 5.

Privado et al. (2025) comentam a importância das matas ciliares na mitigação da vulnerabilidade ambiental, visto que esses ecossistemas desempenham funções cruciais, como proteção dos cursos d'água, preservação da biodiversidade e regulação dos ciclos hidrológicos, além disso essas áreas garantem a estabilidade geológica dos solos.

Santos et al. (2021) em estudo no Rio Acre, na Amazônia ocidental, encontraram valores maiores de sólidos em suspensão próximo a áreas rurais, associando diretamente a presença de agriculturas e a ausência de floresta ao maior risco

de assoreamento de rios e degradação da qualidade da água.

A bacia do igarapé redenção apresentou relevante área desflorestada, incluindo ausência de

floresta próxima à sua drenagem, as matas ciliares, o que resultou na classificação como vulnerável para este indicador na maior parte da área.

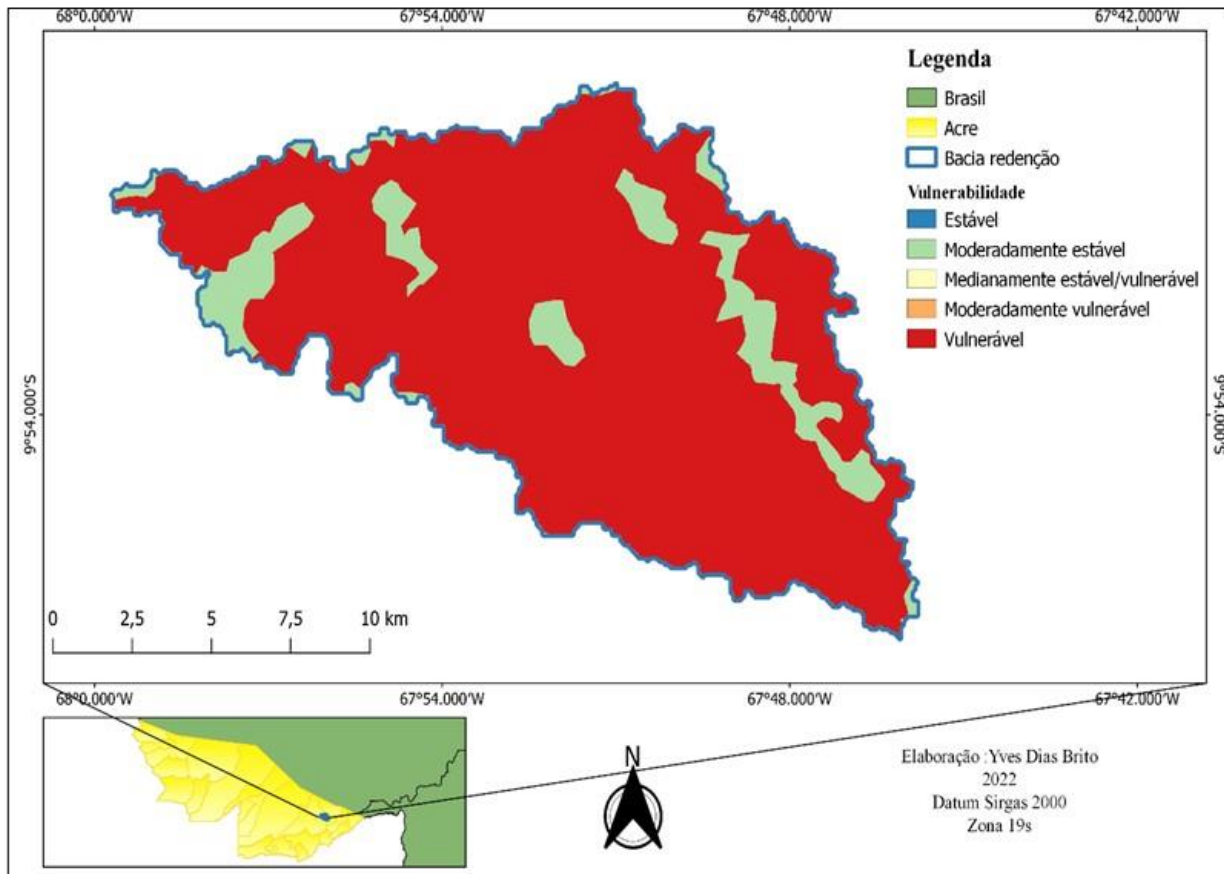


Figura 5. Mapa de vulnerabilidade à perda de solo pelo fator vegetação (Vg).

Na região da bacia do igarapé Redenção ocorrem duas estações ao ano: uma chuvosa (novembro a maio) e outra seca (junho a outubro), inverno e verão amazônico, respectivamente (Brito et al., 2022), períodos que podem ser amplificados ou reduzidos com influência dos fenômenos climáticos El Niño Oscilação Sul (ENOS).

Fatores climáticos, estão diretamente ligados a processos erosivos, sendo agravados por fatores físicos naturais ou resultado da evolução da ocupação do solo.

Freitas et al. (2023) destacam que a exposição do solo a altas temperaturas e a chuvas intensas fragilizam o solo e refletem num maior escoamento superficial, o que favorece a lixiviação, resultando em maior vulnerabilidade à erosão e, quando aliado à ausência de vegetação, tais processos podem ser amplificados.

Uma maior densidade de vegetação pode amenizar a suscetibilidade à erosão. O processo erosivo causado pela água das chuvas ocorre principalmente nas regiões com alta pluviosidade, o qual é agravado quando há concentração das chuvas num determinado período do ano, como o inverno amazônico (Paiva & Prezoto, 2021).

O fator clima (C) foi o que apresentou mais homogeneidade na espacialização da vulnerabilidade, visto que a região estudada, próxima ao município de Rio Branco, e o estado do Acre têm índices pluviométricos altos variando de 1400 a 2200 mm/ano (Crepani et al., 2001; Gois et al., 2023), valores que classificam a região como altamente vulnerável à denudação pelo fator climático (Figura 6).

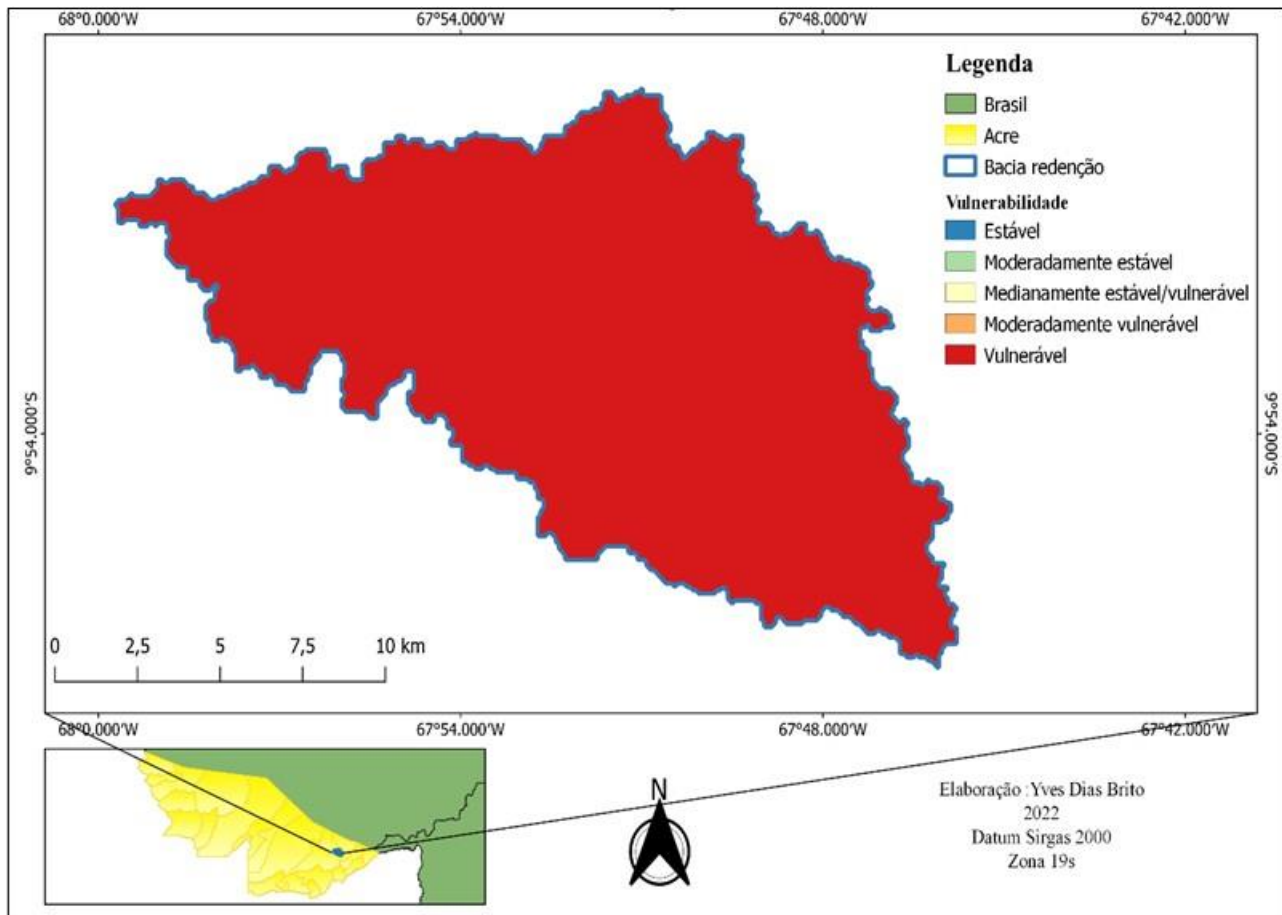


Figura 6. Mapa de vulnerabilidade à perda de solo pelo fator clima (C).

Assim como no mapeamento do fator vegetação (Vg), a espacialização do uso e ocupação do solo na região mostrou predominância de classes com baixa densidade vegetal (Figura 7), como áreas de agropecuária, não vegetadas e formações vegetais não florestais, que corroboram com a ideia de tendência à vulnerabilidade natural a perda de solos nessas regiões.

É possível observar também que a região de maior vulnerabilidade é a foz do igarapé Redenção, que deságua no rio Acre, ocorrendo principalmente devido ao tipo de solo presente nesta região, pela concentração de agropecuária e urbanização dessa região, já que fica próximo a regiões urbanizadas, na cidade de Rio Branco, capital do estado do Acre.

Estudos anteriores indicam que áreas urbanas próximas a corpos d'água, especialmente aquelas com atividades agrícolas intensivas, apresentam maior propensão à degradação do solo e à poluição hídrica (Santos et al. (2021). Além disso, a presença de solos mais suscetíveis à erosão, combinada com o aumento da impermeabilização do solo devido à urbanização e mudança na cobertura vegetal intensifica essa vulnerabilidade (Diener et al., 2025).

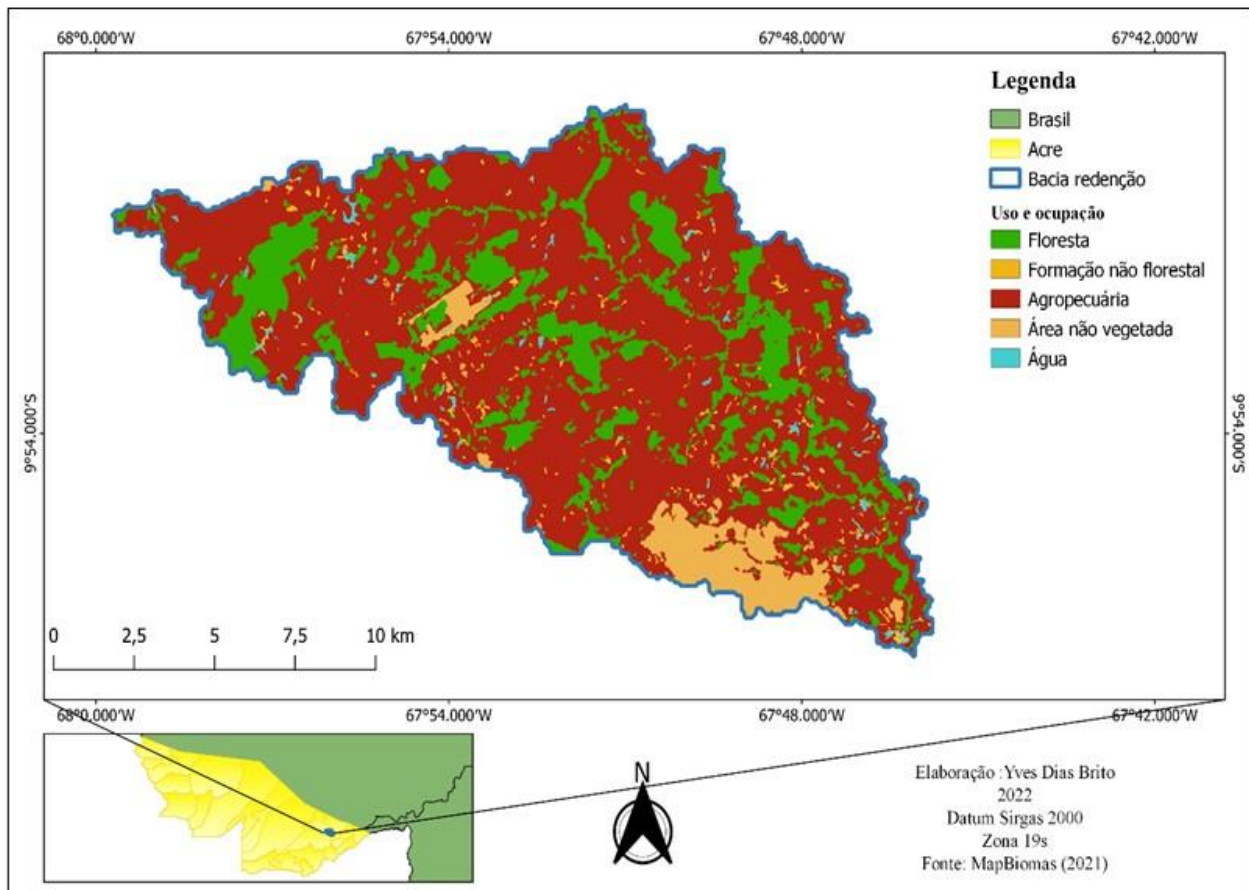


Figura 7. Mapa de uso e ocupação da bacia do Igarapé Redenção no ano de 2021.

As variáveis compiladas pela ferramenta *raster calculator* geraram uma média aritmética da vulnerabilidade da bacia estudada à perda natural de solos, que foram especializadas no mapa da Figura 8.

É possível observar que maior área tende a ser moderadamente vulnerável e uma parte menor classifica-se como medianamente estável, mostrando um equilíbrio entre as variáveis, visto que os fatores climáticos e geológicos trazem maior vulnerabilidade e o fator geomorfológico não apresenta risco de denudação do solo.

A porção classificada como vulnerável, conforme a média dos indicadores, está nas adjacências o centro urbano de Rio Branco, onde há menor presença de vegetação e impermeabilização do solo pelos fatores urbanos.

Assim, tem-se indícios que a maior vulnerabilidade sofrida pela bacia de estudo advém de atividades antrópicas, principalmente do desflorestamento para utilização do solo em agropecuária.

A vulnerabilidade originária de fatores intrínsecos à natureza do ambiente local e não modificáveis como geologia, geomorfologia e clima pode ser mitigada com o reflorestamento da área, corroborando com Silva et al. (2021), que concluíram que a presença de matas ciliares tem papel fundamental na estruturação dos solos e, consequentemente, na redução da erosão, manutenção da qualidade das águas e redução do assoreamento dos corpos hídricos.

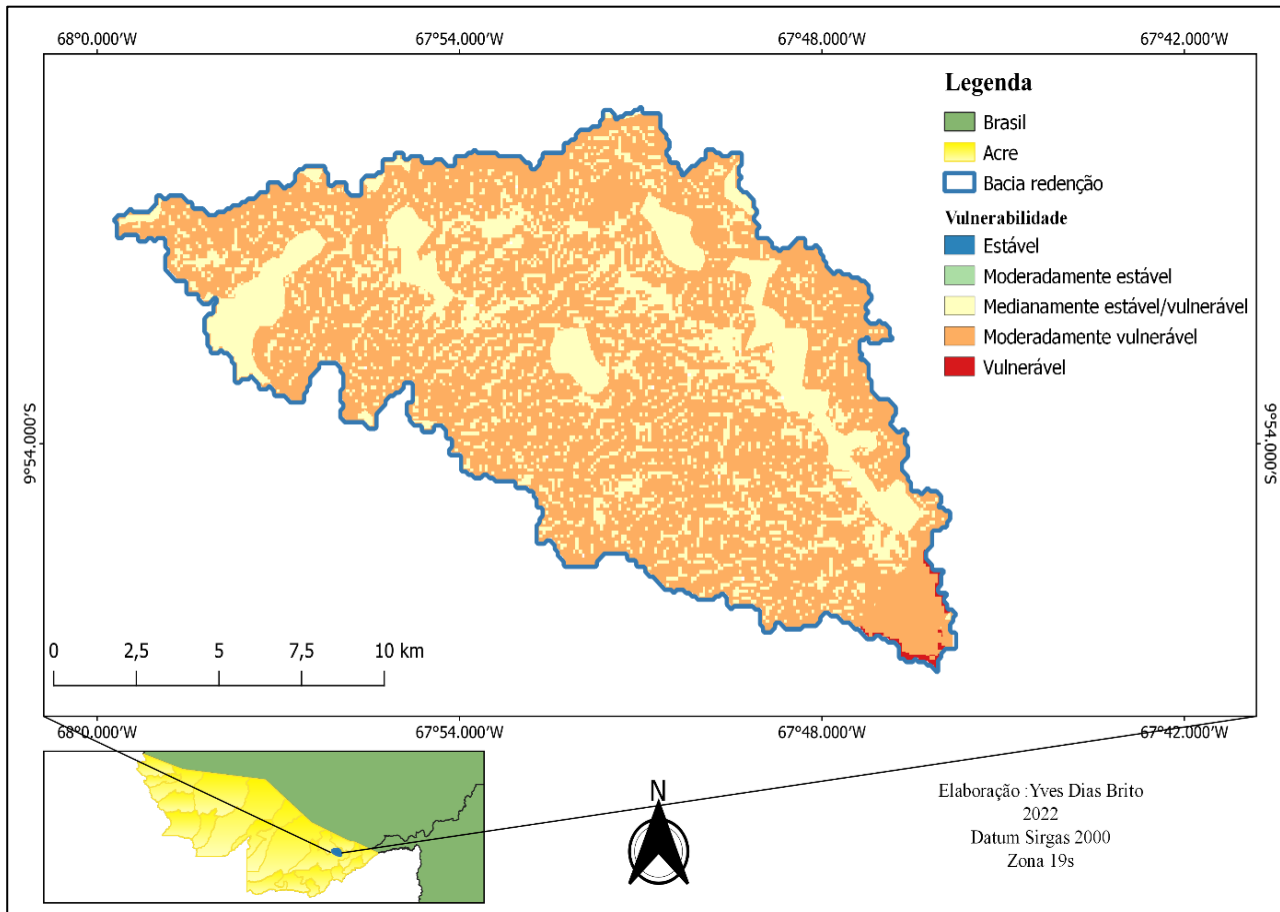


Figura 8. Média aritmética da vulnerabilidade à perda de solo, produto do *raster calculator*.

A metodologia utilizada se mostrou satisfatória no alcance de resultados que servem de base para discussões acerca do planejamento territorial, auxiliando no mapeamento de áreas mais impróprias para ocupação devido à vulnerabilidade a erosões. Vale ressaltar que os dados utilizados nesta pesquisa são de livre acesso e gratuitos, portanto, se mostrou uma metodologia de baixo custo.

Contudo, este estudo não realizou validações em campo, o que pode auxiliar na verificação dos resultados e na tomada de decisões quanto a medidas mitigadoras de impactos socioambientais que ocorram em ambientes com elevada vulnerabilidade à perda de solos natural ou antropicamente.

Conclusões

A bacia do Igarapé Redenção apresenta maior vulnerabilidade à perda de solos devido a inserção em uma região de solos arenosos e sedimentares, além de estar localizada em espaço com altos índices pluviométricos que auxiliam no carreamento de sedimentos.

A baixa declividade da bacia e as áreas ainda com alta densidade vegetal amenizam o carreamento do solo, porém, não sendo suficiente para torná-la uma região suscetível à perda de solo por fatores naturais.

O controle do avanço da agropecuária e conservação da vegetação nativa aparecem como importante medida para atenuar a retirada da vegetação e consequentemente a denudação do solo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa, ao Projeto MapBiomias e ao IBGE pela disponibilização gratuita dos dados que tornaram possível a realização deste estudo.

Referências

- Alves, J.D.N.; Conceição, A.G.C.; Oliveira, S.S.; Okumura, R.S.(2018). Water quality evaluation in water courses in the municipality of capitão Poço – pa. Nucleus,15(1), p. 269-278. DOI: 10.3738/1982.2278.2873
- Araújo, M. S.& E Maruschi, V. O.(2020) Aspectos metodológicos e operacionais em morfometria

- fluvial, a partir do Geoprocessamento. Caderno de Geografia, 30(1), p.19-35, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2020v30nesp1p19-35>
- Brito, A. P., Silva, N. C., Tomasella, J., Ferreira, S. J. F., Monteiro, M. T. F.. 2022. Análise do Índice de Anomalia de Chuva e Tendência de Precipitação para Estações Pluviométricas na Amazônia Central Revista Brasileira de Meteorologia, v. 37, n. 1, 19 30.DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7863701452>
- Bueno F. A. Estimativa de erosão em área de desflorestamento da amazônia, Bacia do Baixo Rio Acre (2024). Revista Geográfica de América Central. 2(73), p. 218–233. DOI:<http://dx.doi.org/10.15359/rgac.73-2.9>
- Crepani, E., Medeiros, J. S. de, Filho, P. H., Florenzano, T. G., Duarte, V., Clemente, C., Barbosa, F. (2001). Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE.Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos>
- Diener, K. C. Z.; Agostinetto, L.; Sieglöck, A. E.(2025). Interação entre Densificação Urbana, Impermeabilização, Mudança de Solo e Risco de Inundações. Revista de Gestão e Secretariado. 16(6), p. 01–32. DOI:<http://doi.org/10.7769/gesec.v16i6.4953>
- EMBRAPA. (2022). Base de dados de Solos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/bases-de-dados-de-solos> - Acesso em 18 de novembro de 2022.
- Filgueira, V., Araújo, E., A., Amaral, E., F., Bardales, N., G., Silva, J., F., Sales., N., C.,C. (2022). Caracterização pedoambiental como subsídio à criação de unidade de conservação no município de Jordão, estado do Acre. Ciências Naturais,17(2), 509-525. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i2.802>
- Freitas, R. F., Alvarez, W. P., Veloso, G. A., Correio, J. A. H. (2023). Paisagens antropogênicas na Amazônia centro-oriental: uma análise a partir da sub-bacia do rio Tucurupí, bacia Jauruçu, baixo Xingu-Pará. GeoUERJ,42, p.01-21. DOI:10.68960/geouerj.2023.55653
- Gois, G., Silva S., S., Terassi, P., M., B., Vanderlei, M., H., G., S, Neto, G., C., Sobral., B., S., Muniz, M., A., Aleluia, I., S., S. (2023). Índice de anomalia de chuva no município de Rio Branco estado do Acre, Arasil. Revista Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. DOI: 10.5281/zenodo.8122069
- Gomes, W. B., Correia, F. W. S., Capistrano, V. B., Veiga, J. A. P., Vergasta, L. A., Chou, S., Lyra, A. D. A., Rocha, V. M. 2020. Assessments of the impacts of land use and cover change and emission scenarios (RCP 8.5) on the water budget in the Madeira river basin. Revista Brasileira de Meteorologia, 35(4), p. 689–702. DOI: 10.1590/0102-77863540076
- González, M. & Pérez, M. (2023). Análise das propriedades mecânicas de um solo expansivo com vistas à autoconstrução de uma habitação social. Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, 13(3), 312 – 327. DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v13i3.660>
- Guerra, A. J. T.; Jorge, M. C. O.; Rangel, L. A.; Bezerra, J. F. R.; Loureiro, H. A. S.; Garritano, F. N.(2020). Erosão dos solos, diferentes abordagens e técnicas aplicadas em voçorocas e erosão em trilhas. William Morris Davis - Revista de Geomorfologia. 1(1), p. 75-117.
- IBGE.(2005) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística,. Manual técnico de pedologia, 2 ed. IBGE, Rio de Janeiro.
- Lei Federal 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 29/10/2024.
- Leite, E.F., Berezuk, A. G., Silva, C. A. 2022. A vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Miranda, Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Geografia Física 15(5) p. 2613-2639. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2613-2639>
- Lima, R. S. S.& Feltrin, R. M. 2024. Avaliação da erosão hídrica laminar na sub-bacia hidrográfica do Arroio João Dias, região das minas do Camaquã, RS, Brasil .Revista de Geografia.4(2), p. 331-351.ISSN:2236-837X.
- Medeiros, R., B., Alves., A., J. & Alves, L., B., (2022). Erosões em estradas não-pavimentadas da bacia hidrográfica do Rio Formoso, Bonito/MS: diagnóstico e medidas de controle. Revue franco-brésilienne de géographie / Revista franco-brasileira de geografia. V. 57. Doi: <https://doi.org/10.4000/confins.50005>
- Ministério de Minas e Energia.(1985). Projeto RADAM BRASIL. Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra.

- Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro.
- Monteiro, D. M. L. V. & Bernardes, J.A. (2024). Avanço do agronegócio na Amazônia: antecipação espacial, processos de espoliação na tentativa de criação da AMACRO e expansão da fronteira agrícola / The expansion of agribusiness in the Amazon: spatial anticipation, processes of dispossession in the atte. *Revista Nera*. 27(2) , p. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.47946/rnera.v27i2.10122>
- Paiva, D. F.; Prezoto, H. H. S(2021). Ciclo das chuvas: uma reflexão sobre o tema. *Caderno do curso de ciências biológicas*. 3(1), p. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14014333>
- Pires, A., L. & Silva, T., C. (2025). Análise Da Vulnerabilidade Ambiental Da Bacia Hidrográfica Do Rio Marés No Estado Da Paraíba. *Revista Foco*, 18(6), 01 –15. Doi: 10.54751/revistafoco.v18n6-150
- Privado, L., W., Trindade C., C., Gonçalves, D. (2025). Preservação das matas ciliares e sustentabilidade. *Cadernos de educación y desarrollo*, 17(5), 01 –17. ISSN: 1989-4155. Doi: DOI: 10.55905/cuadv17n5-052
- Projeto MapBiomas – Coleção 2021 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 18 de novembro de 2022. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/downloads/>
- QGIS Development Team. (2024). QGIS Geographic Information System (Version 3.16). Open Source Geospatial Disponível em: . <https://qgis.org>
- Santos, L. P., Machado, S. O. L., Machado Neto, J. F., Silvestre, D. L. S., Santos, K. N.(2024). Inovações tecnológicas na gestão de recursos hídricos: preservação, manejo e reutilização de água. *Studies in Engineering and Exact Sciences*. 5(2), p. 01-21. DOI: 10.54021/seesv5n2-135
- Santos, W., L., Oliveira R., F., Crisóstomo, C., A. (2021). Dinâmica hidrossedimentológica do médio rio Acre: investigação inicial do processo de assoreamento. *Revista GeoUECE (nline)*, 10(18), 57-66. ISSN: 2317-028X. Doi: 10.52521/<https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/index>
- Saraiva-Maia, J.J de O.; Santos ,D. L. do N.; de Souza, A. L. E. ; da Silva, M. D.; Almeida , N. V.(2024). Vulnerabilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do baixo São Francisco: uma visão integrada entre geomorfologia e cobertura e uso da terra. *Revista contexto geográfico*. 9(18), p.468–484. DOI: <https://doi.org/10.28998/contegeo.9i.18.16866>.
- Schleich, A. P., Filho, J. B. R., Lahm, R. A.(2023). Ensino, Meio Ambiente e Sensoriamento Remoto: análise das atividades desenvolvidas no ensino de ciências. *Revista Práxis*, 15(29). DOI: <https://doi.org/10.47385/praxis.v15.n29.3353>
- Silva, J. F., Araújo, E. A., Moreira, W. C. L., Filgueira, V., Moreira, J. G. V. (2024). Caracterização pedológica e estoques de carbono em solos da formação geológica Solimões, Amazônia sul-ocidental. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 19(2). DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v19i2.816>.
- Silva, J., J., Campos, A. F., Pagel, U., R., Braz, E., T., Carolino, J. (2024). Análise da vulnerabilidade e a gestão de riscos de desastres naturais em São Mateus-ES: enchentes e deslizamentos de terra e o uso de Big Data. *Revista de Gestão e Secretariado*, ISSN:2178-9010. DOI:<http://doi.org/10.7769/gesec.v15i12.4479>
- Silva, L. F. da; Battazza, A.; Souza, N. F. de; Souza, N. F. D.; Rocha, N. S. (2022). Impactos das ações antrópicas aos Biomas do Brasil: artigo de revisão. *Meio Ambiente (Brasil)*, 4(1), p. 21–044, DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6302470>.
- Silva, P. O.; Leite, M. G. P.; Costa, A. T.; Fujaco, M. A. G (2021). Influência de projetos de reflorestamento de matas ciliares no controle/mitigação da erosão por ondas em reservatórios. *Geologia: sério científica*, São Paulo, 21(3), p. 109-124. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v21-164273>
- Sousa, C., E. P., Gonçalves, A. M., S., L Brandão, C., S., Azevedo, G., F., G. (2024). Comparative Analysis of Slope Stability Using Simplified Fellenius and Bishop Methods: Influence of Geotechnical Parameters on Factor of Safety. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 10(6). DOI:10.18540/jcecv110iss6pp19563
- Souza, S. D. G. de, Souza, A. C. N., Sousa, M. L. M. (2022). Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: do debate conceitual à realidade brasileira nas leis ambientais. *Revista Casa da Geografia de Sobral*. 4(1), p. 551-566. DOI: <https://doi.org/10.35701/rcgs.v24.889>
- Souza-Filho, E. A. (2020). Estudo comparativo de aspectos físico-químicos entre águas da microbacia do Mindu e Igarapés sob influência antrópica na cidade de Manaus-AM. *Braz. J. of*

- Develop., Curitiba, 6(1), p. 2419-2433, ISSN 2525-8761. DOI:10.34117/bjdv6n1-178
- Stein, R., T. & Coscolin, R. B. S. 2020 Agricultura climaticamente inteligente e sustentabilidade. Porto Alegre: SAGAH, 2020. 1 recurso online. ISBN 9786581492083.
- Teixeira, T. M. A.; Oliveira, V. P. V.; Teixeira, A. C. O. Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba, Extremo Sul da Bahia. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, 14(04), p. 1941-1956.DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1941-1956>
- Vieira, Y. S. S., Stanton, N. S. G., Villena, H. H., Rebouças, R. C. 2020. Impacto Antrópico No Processo De Assoreamento Da Enseada Da Japuiba, Angra Dos Reis (Rj). Revista Geociências.39(2), p. 481–491. ISSN: 1980-900X (online)
- Wang, L., Li, Y., Wu, J., An, Z., Suo, L., Ding, J., Li, S., Wei, D., & Jin, L. (2023). Effects of the Rainfall Intensity and Slope Gradient on Soil Erosion and Nitrogen Loss on the Sloping Fields of Miyun Reservoir. Plants, 12(3), 423. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12030423>