

ANÁLISE DA DECLIVIDADE E SUA RELAÇÃO COM A FORMAÇÃO DE VOÇOROCAS NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUCURUÍ

Keren Apuke Fernandes de Souza¹

Ivan Silva Batista²

Ricardo Soares de Sousa³

Wellington de Pinho Alvarez⁴

INTRODUÇÃO

As voçorocas são erosões de grandes dimensões que ocorrem onde os fatores controladores da erosão foram alterados (GUERRA, 1988), visto que a relação interdependente entre solo, forma de relevo, declividade, cobertura vegetal e precipitação determina que a alteração de um componente tem potencial para desorganizar o equilíbrio dos sistemas ambientais, provocando aumento da intensidade da erosão, o qual pode culminar na formação de voçorocas.

Na relação entre a forma do relevo e a declividade, emerge um elemento fundamental para compreensão de processos erosivos no interior de bacias hidrográficas, Ross (1994) define a dissecação do relevo como retalhamento provocado pela dissecação de interflúvios que pode culminar na formação de rampas declivosas.

Nesse sentido, a análise da declividade em bacias hidrográficas é amplamente reconhecida por sua relevância para a compreensão dos processos geomorfológicos e hidrológicos. A inclinação do terreno é um dos elementos mais importantes que impactam os processos geomorfológicos, já que influencia a velocidade com que a água escoar na superfície e a vulnerabilidade à erosão (GUERRA, 1994). Essa informação é fundamental para o planejamento e desenvolvimento de ações de conservação e manejo sustentável dos recursos naturais presentes nas bacias.

Por efeito, a microbacia do rio Tucuruí apresenta uma variação acentuada em sua declividade quando próximas dos cursos fluviais, mesmo que seus interflúvios apresentam dissecação fraca.

¹Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - PA, kerenapuke67@gmail.com

²Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - PA, Ivansilvabatista4@gmail.com

³Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal - PA, Ricardoufpaatm@gmail.com

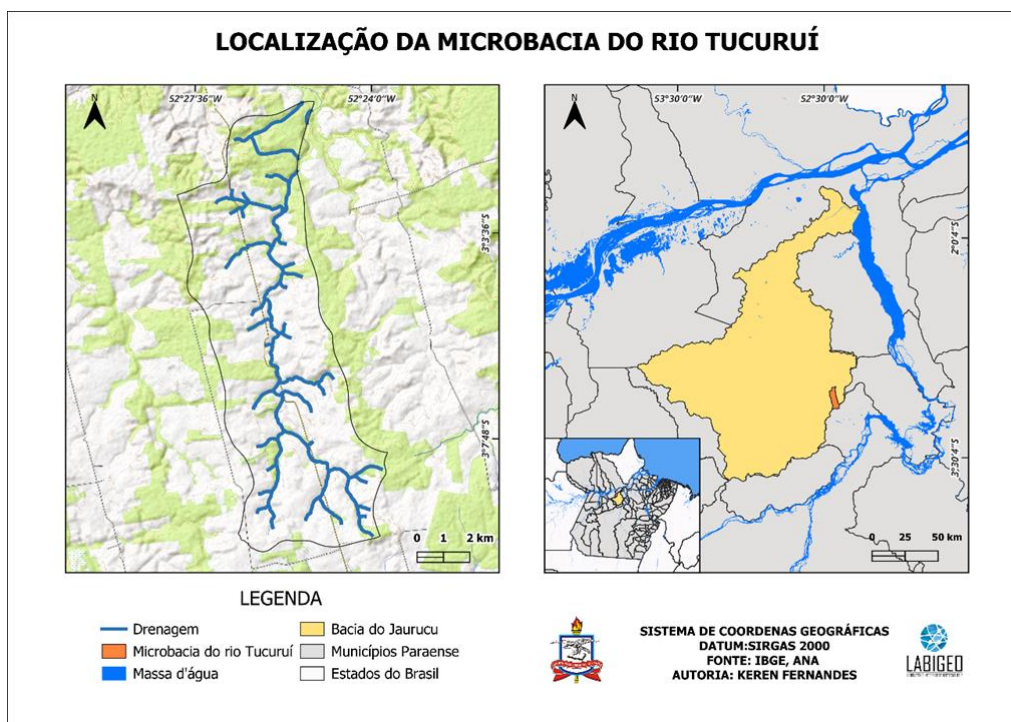
⁴ Doutor pelo Curso de Geografia da Universidade Federal –PA, Walvarez@ufpa.br

Essa característica tem implicações diretas no ciclo hidrológico superficial, influenciando a velocidade de escoamento superficial a medida que a perda de vegetação arbórea em decorrência da formação de pastagens, isto, torna a referida área susceptível à formação de ravinas e voçorocas, e até mesmo a distribuição e o desenvolvimento da cobertura vegetal. O objetivo deste estudo é analisar a relação entre a declividade e a formação de voçorocas na microbacia do rio Tucuruí, considerando as implicações da perda de vegetação e suas consequências no ciclo hidrológico superficial. Por efeito, a microbacia do rio Tucuruí apresenta uma variação acentuada em sua declividade quando próximas dos cursos fluviais, mesmo que seus interflúvios apresentam dissecação fraca.

METODOLOGIA

A microbacia hidrográfica do rio Tucuruí, localiza-se nas proximidades da transamazônica no sudoeste do Estado do Pará, entre os municípios de Altamira e Brasil Novo. A área constitui-se em uma unidade de análise relevante devido à sua localização estratégica e às ações antrópicas sofridas desde a década de 1970, como o intenso uso do solo para atividades agropecuárias e o significativo impacto ambiental. A figura 1 oferece uma representação visual das principais características da microbacia, destacando a área afetada pelas das atividades humanas, permitindo uma compreensão mais aprofundada dos desafios enfrentados na região.

Figura 1: Mapa de localização



Fonte: autoria, 2024

A metodologia empregada para calcular o Índice de dissecação do relevo (RDI) conforme Ross (1994) e depois adaptado por Guimarães et al. (2017), foram necessárias a realização de 6 etapas distintas, porém integradas, são elas: Processamento do Modelo Digital de Elevação (DEM), Direção do fluxo, Sub Bacias, Converter de raster para vetor, Estatísticas zonais, por último Edição da tabela de atributos. Ao final foi calculado a declividade, para comparar a relação da presença de voçorocas, a dissecação do relevo e a declividade.

A aquisição do DEM foi proveniente da missão topográfica radar shuttle (SRTM), com uma resolução espacial de 30 metros, sendo processada em diversas etapas. Inicialmente, o modelo digital de elevação foi baixado por meio do site *Earth Explorer* (2024), para cobrir inicialmente toda a bacia do Jaurucu e conseqüentemente a microbacia do Tucuruí.

O passo seguinte foi criar o mosaico das imagens, que consiste na integração dos rasters individuais em uma única imagem composta. Para isso, foi utilizado o *QGIS* 3.34 (2024), a partir das ferramentas "Raster" e depois "Miscelânea" e escolhido a opção "Mesclar".

Em seguida foi feito recorte do raster DEM Mosaico, para tal foi carregada a imagem raster para o recorte, em seguida foi adicionado a camada vetorial bacia do Jaurucu para definir a área, depois foi acessada a barra de ferramentas "Raster" em seguida foi usada a opção "Recortar raster pela camada de máscara". Em "Parâmetros de recorte", foi selecionada a camada vetorial que definiu a área de recorte, assim foi gerado o DEM bacia do Jaurucu.

Como o DEM Jaurucu apresentava vazios de dados, foi efetivado o preenchimento da imagem. Em princípio acessou-se a barra de ferramentas "Raster" localizada na parte superior do *Qgis*, selecionou-se a opção "análise" e foi escolhida a opção "preencher sem dados", foi selecionado o DEM Jaurucu para o preenchimento. Este último foi recortado, pela camada vetorial microbacia do rio Tucuruí, seu resultado é o DEM microbacia do Tucuruí.

Para realizar o cálculo do Índice de Dissecação do relevo, foi necessário reprojeter o DEM microbacia do Tucuruí, o qual foi realizado com a ferramenta "Reprojeter", seu Resultado é o DEM microbacia do Tucuruí reprojeterado para UTM 22 sul.

Para corrigir o DEM microbacia do Tucuruí foi aplicada o filtro de preenchimento na ferramenta "r.fill.dir", onde obtivemos o produto Direção do Fluxo. Este último foi

utilizado na ferramenta “r.watershed” para obter as sub-bacias. Seu resultado foi vetorizado com uso da ferramenta “Raster para vetor”, o resultado é o vetor Sub-bacias na microbacia do Tucuruí.

Continuando o cálculo do Índice de Dissecação do Terreno, atribuíram-se valores estatísticos para as informações do Sub-bacias na microbacia do Tucuruí. Utilizando a "Caixa de Ferramentas" de processamento do QGIS, aplicou-se a ferramenta de "Estatísticas zonais" para o cálculo do “intervalo” entre o DEM microbacia do Tucuruí e o vetor Sub-bacias na microbacia do Tucuruí, o qual incluiu a coluna range, contendo os intervalos. Em seguida, calcularam-se as métricas relevantes, como área, perímetro, comprimento da bacia, largura da bacia, dissecação vertical e dissecação horizontal, conforme a proposta de Guimarães et al. (2017).

Proposta alternativa

11	12	13	14	15
21	22	23	24	25
31	32	33	34	35
41	42	43	44	45
51	52	53	54	55

	Muito Fraca
	Fraca
	Moderada
	Forte
	Muito Forte

Após o cálculo, realizou-se a conversão do vetor para raster, dessa forma, foi criado o índice de dissecação na qual foi possível visualizar as segmentações do relevo do terreno conforme a dissecação.

Com o DEM microbacia do Tucuruí em unidade métricas, no QGIS 3.34 foi realizado o cálculo da declividade em porcentagem (EMBRAPA, 1979), a partir desse cálculo, uma nova camada matricial com a declividade em porcentagem foi gerada,

permitindo a visualização da distribuição espacial da declividade, conforme o quadro a seguir.

Quadro 1 - quadro de classificação de declividade.

PORCENTAGEM (%)	RELEVO
3 - 8	Suave-Ondulado
8 -20	Ondulado
20 – 45	Forte-Ondulado
45 – 75	Montanhoso
> 75	Forte montanhoso

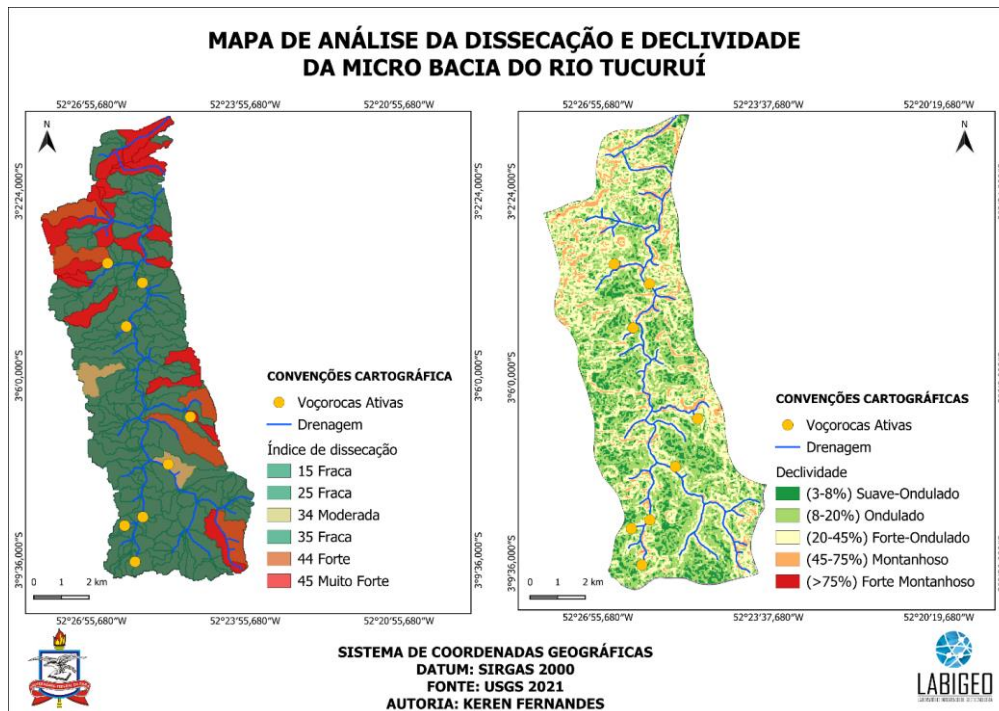
Fonte: EMBRAPA, 1979.

Para o cálculo do Índice de Rugosidade do Terreno (TRI), utilizou-se a metodologia de Ross (2011), posteriormente adaptada por Guimarães et al. (2017). Essa adaptação da metodologia original é mais adequada para essa região específica, pois leva em consideração as características particulares do relevo, drenagem, solo e cobertura vegetal da microbacia, permitindo uma análise mais precisa e detalhada do TRI nessa área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A microbacia passou por um processo de antropização, no qual o ser humano realizou intervenções e modificações no ambiente natural. Essa ação antrópica pode ter causado diversos impactos, como a remoção da vegetação original e alterações no uso do solo. De acordo com Sousa (2023), no ano 2011 a classe de pastagem representava mais da metade da extensão da microbacia, cerca de 69% de sua área. Já no ano de 2021 houve um acréscimo nas áreas de pastagem, em que se apresenta aproximadamente 74%. Ao longo deste estudo, foi realizado o mapeamento da dissecação do relevo e da declividade da microbacia do rio Tucuruí e localização das voçorocas. De acordo com as informações analisadas neste estudo, a microbacia do rio Tucuruí apresenta o relevo com dissecação fraca e pouco declivosa, conforme observado na figura 2.

Figura 2 - mapa análise dos Aspectos Ambientais da Microbacia do Rio Tucuruí



Fonte: autoria, 2024

A predominância de cores verdes nesse mapa indica um índice fraco de dissecação, sugerindo uma topografia mais suave, com uma baixa fragmentação e incisão do terreno. Essa característica topográfica é confirmada pela análise da declividade, a qual revelou a predominância de áreas com declividades suaves, nas classes suave-ondulado e ondulado, representando mais de 10% da bacia. Essa configuração de relevo pouco dissecado e declividades moderadas indica uma tendência a um menor risco de ocorrência de processos erosivos intensos, como o desenvolvimento de ravinas e voçorocas. A análise da declividade também auxilia na identificação de áreas mais críticas, onde há maior risco de processos erosivos e de movimentação de massa. Isso permite o planejamento de medidas preventivas e corretivas, visando a conservação e o manejo adequado do solo e da água (ROSS, 1994). Através de análises de imagens de satélite, foi possível mapear a declividade da microbacia, identificando as áreas de maior e menor inclinação do terreno. Essa informação revela-se essencial para o planejamento e execução de ações de conservação do solo e da água. Portanto, o estudo da declividade nesta microbacia contribui significativamente para uma melhor compreensão dos processos geomorfológicos e hidrológicos, subsidiando o desenvolvimento de ações de conservação e manejo sustentável dos recursos naturais presentes na área.

No entanto, apesar dessa caracterização geral do relevo, é importante ressaltar que a microbacia do rio Tucuruí apresenta algumas áreas localizadas com maior declividade, nas quais foram identificadas a presença de voçorocas. Essa constatação demonstra a existência de lugares mais suscetíveis a processos erosivos, mesmo em meio a um contexto topográfico predominantemente suave. Porém, percebe-se na figura 2 que as voçorocas estão predominantemente localizadas em dissecação fraca e em declividade forte-ondulada, bem como em montanhoso, o fato é que todas as voçorocas estão localizadas em cursos fluviais.

Essa dinâmica do relevo e dos processos erosivos na microbacia evidencia a necessidade de uma compreensão mais aprofundada da área, a fim de subsidiar o planejamento e a adoção de medidas de conservação e manejo adequadas, visando reduzir possíveis impactos ambientais decorrentes da antropização da microbacia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da declividade na microbacia hidrográfica do rio Tucuruí revela a importância de se compreender a dinâmica do relevo e dos processos erosivos desta unidade de paisagem. Embora a configuração topográfica predominante possa sugerir uma tendência a um menor risco de ocorrência de processos erosivos intensos, a constatação da presença de feições erosivas, como voçorocas, em áreas de maior declividade demonstra a complexidade deste sistema ambiental.

Essa dinâmica do relevo, com a existência de locais mais suscetíveis à erosão, mesmo em meio a um contexto topográfico predominantemente suave, evidencia a necessidade de uma abordagem abrangente e integrada para o planejamento e a gestão sustentável da microbacia, especialmente a recomposição de Áreas de Preservação Permanente (APP). O conhecimento detalhado da distribuição espacial da declividade e das feições erosivas presentes é fundamental para subsidiar a adoção de medidas de conservação e manejo adequadas, considerando as particularidades do relevo e os desafios impostos pela ação antrópica na região. Somente por meio dessa compreensão aprofundada será possível desenvolver estratégias eficazes para a redução dos impactos ambientais e a promoção da sustentabilidade deste importante sistema hídrico.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos ao Professor.Dr Wellington Alvarez, meu orientador. Sua orientação expertise e suporte foram essenciais para o meu desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Também agradeço ao laboratório de geotecnologias (LABIGEO) da Universidade Federal do Pará (UFPA) por disponibilizarem o espaço, os recursos e o apoio necessário para a realização desta pesquisa. O ambiente colaborativo e a infraestrutura fornecida pelo LABIGEO foram fundamentais para o êxito deste estudo.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA. Classificação de declividade (EMBRAPA, 1979) disponível em:

<https://www.ceivap.org.br/sesmarias/MAPA-SESMARIA-EMBRAPA-90-60.pdf>. acesso em: 11 jun 2024.

Christofoletti, Antônio, 1936-. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blücher, 23 edições, 1980. ilust. Bibliografia. 1. Geomorfologia. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7522591/mod_resource/content/1/Geomorfologia%20Antonio%20Christofoletti.pdf

Earth explore. EarthExplorer. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 25 mai. 2024.

Guimarães, F. S., Cordeiro, C. M., Bueno, G. T. Carvalho, V. L. M., & Nero, M. A. (2017). **UMA PROPOSTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DO ÍNDICE DE DISSECAÇÃO DO RELEVO**. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 18(1).

Google Earth. Fazer o download do Google Earth Pro para computador. Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/versions/#earth-pro>. Acesso em 20 maio 2024.

QGIS. ORG. Baixe o QGIS para a sua plataforma. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html. Acesso em 30 mar 2024.

Ross, J. L. S. (2011). **ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS ANTROPIZADOS**. *Revista Do Departamento De Geografia*, 8, 63-74.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 8 , p. 63-74, 1994 Tradução. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>. Acesso em: 04 jun. 2024.

SOUSA, Ricardo Soares de. **Diagnóstico Multitemporal Do Uso E Cobertura Do Solo No Processo De Erosão Acelerada Na Microbacia Do Rio Tucuruí - Entre Os Anos De 1991, 2003, 2011 E 2021**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)

- Universidade Federal do Pará, Altamira, 2023.