



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



MELISSA LIMA DA SILVA

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ERODIBILIDADE DOS SOLOS DO
MUNICÍPIO DE BURITICUPU-MA**

**Chapadinda – MA
Julho de 2023**

MELISSA LIMA DA SILVA

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ERODIBILIDADE DOS SOLOS DO
MUNICÍPIO DE BURITICUPU-MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Profa. Dra. Kamilla Andrade de Oliveira.

Coorientadora: Mayara Rodrigues Nascimento

**Chapadinha – MA
Julho de 2023**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

LIMA DA SILVA, MELISSA.

ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ERODIBILIDADE DOS SOLOS DO
MUNICÍPIO DE BURITICUPU-MA / MELISSA LIMA DA SILVA. -
2023.

50 p.

Coorientador(a): MAYARA RODRIGUES NASCIMENTO.

Orientador(a): KAMILLA ANDRADE DE OLIVEIRA.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do
Maranhão, CHAPADINHA, 2023.

1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL. 2. EROSIVIDADE. 3.
VARIABILIDADE DAS CHUVAS. 4. ZONEAMENTO. I. ANDRADE DE
OLIVEIRA, KAMILLA. II. RODRIGUES NASCIMENTO, MAYARA. III.
Título.

MELISSA LIMA DA SILVA

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ERODIBILIDADE DOS SOLOS DO
MUNICÍPIO DE BURITICUPU-MA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Defendido e aprovado em 19 de Julho de 2023, pela comissão examinadora constituída pelos professores:

Kamilla Andrade de Oliveira (Orientadora)
Doutorado em Agronomia (Meteorologia Aplicada) pela
Universidade Federal de Viçosa, (UFV)
Professora adjunta do curso Engenharia Agrícola (CCAA/UFMA)

Maiane Rodrigues do Nascimento
Engenheira Agrícola (Universidade Federal do Maranhão)
Mestranda em Meteorologia Universidade Federal de Alagoas (ICAT/UFAL)

Telmo José Mendes
Mestre em Administração e Política de Recursos Minerais - IG/Unicamp
Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão – UFMA
Doutor em Ciência do Solo - FCAV-Unesp Jaboticabal

Dedico este trabalho ao meu pai, José Menezes Leite da
Silva, que sonhou com este momento tanto quanto eu.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, que me deu força e coragem para concluir meus estudos.

Aos meus pais, José Menezes Leite da Silva e Zimara Pereira de Lima, que sempre estiveram do meu lado nas horas mais difíceis durante essa trajetória.

A minha orientadora professora Kamilla Andrade de Oliveira Emiliano pelos aprendizados, paciência e amizade ao longo do curso.

À minha coorientadora e amiga Mayara Rodrigues Nascimento pela paciência, amizade e conhecimentos repassados.

A todos os meus amigos de turma e da Universidade, que sempre me ajudaram durante a minha trajetória acadêmica. Em especial a, João Mateus Santana dos Santos, Luís Eduardo Carvalho Silva, Renata Gamboa Silva e Andreza Maciel de Sousa. Obrigado pela força e companheirismo!

Ao grupo de pesquisa LAGES a qual tiver o prazer de fazer parte e adquirir conhecimentos e experiências únicas.

À Universidade Federal do Maranhão pela oportunidade e privilégio de realizar o curso e a todos os professores do Centro de Ciências de Chapadinha pelos conhecimentos ao longo destes anos.

“Motivação é aquilo que te faz começar.
Hábito é aquilo que te faz continuar.”

Jim Ryun

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1. Características de uso e ocupação do solo	11
3.2. Consequências avanço desordenado da urbanização e agricultura.....	12
3.3. Influências da variabilidade climática na degradação do solo.....	13
3.4. Erosão hídrica	14
3.5. Fatores de Erosividade do solo	15
3.6. Estimativa de erosividade do solo pela da Equação Universal da perda de solo (USLE).....	16
3.7. Uso do geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramenta de análises de perda do solo	17
3.8. Práticas de manejo e conservação do solo	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1. Caracterização da área de estudo	20
4.2. Procedimentos e Ferramentas utilizados para a pesquisa	21
4.2.1. Análise de uso e ocupação do solo.....	21
4.3. Dados de Precipitação.....	21
4.4. Análise do fator R - Erosividade da chuva	22
4.5. Análise do fator K - Erodibilidade do solo	22
4.6. Análise do fator LS – Topografia da área.....	23
4.7. Análise do fator CP- Manejo do solo e práticas conservacionistas	24
4.8. Análise da perda de solo pela USLE	24
5. RESULTADOS	26
5.1. Uso e ocupação do solo	26

5.2.	Pluviosidade do município de Buriticupu.....	27
5.3.	Erosividade: Fator R	28
5.4.	Erodibilidade do Solo Fator K.....	29
5.5.	Erodibilidade do Fator LS.....	32
5.6.	Declividade do município de Buriticupu-MA	33
5.7.	Erodibilidade Fator CP	35
5.8.	Erodibilidade Fator A	35
6.	CONCLUSÕES	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da microrregião de Buriticupu-MA.....	20
Figura 2. Classes de uso e ocupação do solo no município de Buriticupu – MA.....	27
Figura 3. Mapa de Precipitação Acumulada no município de Buriticupu-MA.....	28
Figura 4. Mapa de Erosividade Fator R no município de Buriticupu-MA.....	29
Figura 5. Mapa do Zoneamento das classes de solo do município de Buriticupu-MA.....	30
Figura 6. Mapa de Erodibilidade Fator K do município de Buriticupu-MA.....	32
Figura 7. Mapa de Erodibilidade do fator LS do município de Buriticupu-MA.....	34
Figura 8. Mapa de declividade no município de Buriticupu – MA.....	35
Figura 9. Mapa de Erodibilidade do CP no município de Buriticupu – MA.....	36
Figura 10. Mapa de Erodibilidade do fator A no município de Buriticupu – MA.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes de Erosividade das chuvas para o Fator R.....	32
Tabela 2. Classes de erosividade do solo Fator K.....	23
Tabela 3. Classificação de Declividade proposta pela Embrapa (1979)	24
Tabela 4. Uso e cobertura e ocupação do solo no município de Buriticupu – MA.....	26
Tabela 5. Solos encontrados no município de Buriticupu-MA segundo a reclassificação conforme EMBRAPA (1999) com fator K	31
Tabela 6. Fator LS de Erodibilidade encontrados no município de Buriticupu – MA.....	33
Tabela 7. Declividade encontrada no município de Buriticupu – MA.....	34

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUPS	Equação Universal de Perda de Solo
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Nacional de Pesquisas Espaciais
MATOPIBA	Região que se estende por territórios de quatro estados: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
MDE	Modelo Digital de Elevação
NDVI	Índice de vegetação Normalizada
PE	Potencial de Erosão
RPS	Razão de Perda de Solo
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SR	Sensoriamento Remoto
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TIN	Triangulada Irregular
USLE	Universal Soil Loss Equation

RESUMO

Em razão dos impactos ambientais de grandes proporções e dos altos índices de degradação que vem ocorrendo atualmente, principalmente com a expansão da agricultura no país. O presente estudo teve como objetivo caracterizar o uso e ocupação do solo e realizar a estimativa da perda de solo do município de Buriticupu-MA. Utilizou-se dados espaciais do ano de 2021 contidos a plataforma Mapbiomas, para a análise de variabilidade das chuvas utilizou-se dados de precipitação do Instituto Nacional de Pesquisas espaciais (INPE) pertencentes as estações pluviométricas mais próximas, com série temporal para os anos de 1971 a 2021. Os dados foram analisados utilizando o método empírico da Equação Universal de Perda de Solo (USLE) incorporada a técnicas de geoprocessamento no software Qgis, qualificando e quantificando os fatores que contribuem com a perda de solo anual. Para a classificação do uso e ocupação do solo verificou-se que o município é caracterizado pela alta influência dos avanços antrópicos na região, principalmente da pecuária, pois a classe de pastagem apresentou um valor de 40,27% da área total do município. Notou-se que o município apresentou grande variabilidade nos índices de precipitação, as áreas caracterizadas com maiores incidências de chuvas foram as mesmas que apresentaram os maiores índices de erosividade, em 0,0016% da área total evidenciou-se índices que passaram de 80 t.ha.h/ha.MJ.mm. É importante a contribuição de estudos que envolvam análises que quantifiquem os índices de degradação do solo e como os processos que envolvem a erosão hídrica influenciam no uso e ocupação do município, que veem sofrendo perdas contínuas de solo. Sendo assim, é necessário que se tomem medidas que visem a mitigação dos impactos ambientais atrelados ao manejo inadequado do solo.

Palavras-chave: Degradação Ambiental, Erosividade, Variabilidade das chuvas, Zoneamento.

ABSTRACT

Due to the large environmental impacts and the high rates of degradation that are currently occurring, mainly with the expansion of agriculture in the country. The present study aimed to characterize the use and occupation of the soil and estimate soil loss in the municipality of Buriticupu-MA. Spatial data from the year 2021 contained in the Mapbiomas platform were used, for the analysis of rainfall variability, precipitation data from the National Institute for Space Research (INPE) belonging to the nearest rainfall stations were used, with a time series for the years of 1971 to 2021. The data were analyzed using the empirical method of the Universal Soil Loss Equation (USLE) incorporated to geoprocessing techniques in the Qgis software, qualifying and quantifying the factors that contribute to the annual soil loss. For the classification of land use and occupation, it was verified that the municipality is characterized by the high influence of anthropic advances in the region, mainly livestock, since the pasture class presented a value of 40.27% of the total area of the municipality. It was noted that the municipality showed great variability in precipitation rates, the areas characterized with the highest incidence of rainfall were the same that presented the highest erosivity rates, in 0.0016% of the total area, rates that exceeded 80 t were shown.ha.h/ha.MJ.mm. It is important to contribute studies that involve analyzes that quantify the rates of soil degradation and how the processes that involve water erosion influence the use and occupation of the municipality, which is suffering continuous soil losses. Therefore, it is necessary to take measures aimed at mitigating the environmental impacts linked to inadequate soil management.

Keywords: Environmental Degradation, Erosivity, Rainfall variability, Zoning.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o crescimento das cidades e a deficiência no planejamento, principalmente em grandes centros urbanos, tem influenciado nos processos erosivos (SANTOS et al, 2015). A erosão do solo consiste em um dos problemas mais iminentes da humanidade, responsável pelo decréscimo da qualidade e produtividade do solo, pelo esgotamento das terras agricultáveis, redução da infiltração, aumento do escoamento superficial e pela deterioração da qualidade da água. Além disso, a produção de sedimentos resulta no assoreamento de rios e reservatórios, comprometendo a geração de energia elétrica bem como causando inundações em áreas urbanas (CAPOANE, 2013).

Para Back e Poletto (2018) ter o conhecimento do potencial erosivo das chuvas relacionado com informações que dizem respeito ao tipo de solo e relevo possibilitam a identificação de áreas mais propensas as ações dos processos erosivos do solo determinando os valores de erosividade dessas áreas contribui também para a identificação dos meses mais chuvosos e que promovem maiores riscos de perda de solo.

Segundo Souza et al. (2020) o potencial erosivo e a intensidade com que ocorre estão relacionados principalmente com as condições físico-climáticas de cada região, como as épocas chuvosas, a topografia e também com a cobertura do solo, tudo isso contribui para o processo de erosão hídrica, responsável pelo deslocamento de partículas do solo que é transportado pelas chuvas levando esse material para as áreas mais baixas, a aplicação de métodos e técnicas que favoreçam análises é fundamental para a tomada de decisão.

Em razão disso a realização de mapeamento de erosividade é uma forma de representar espacialmente a partir da interpolação dos dados de erosividade (BACK e POLETO, 2018). Foram criados modelos e métodos que visam estimar a perda de solo determinando valores de erosividade através de variáveis que contribuem para a causa da erosão um deles é a Equação Universal de Perda de Solos (USLE).

A USLE é um modelo empírico criado em 1965 por Wischmeier e Smith para estimativa das perdas médias de solo por erosão laminar e indicado para pequenas áreas. A USLE não considera de forma individualizada os processos físicos envolvidos na erosão, como o desprendimento e o transporte de partículas (CHAVES, 2010). A USLE é considerada um bom instrumento na previsão das perdas de solo, exigindo um número de informações relativamente pequeno quando comparado aos modelos mais complexos

sendo bastante conhecida e estudada no Brasil (SOUZA et al., 2020). Em um estudo de Rodrigues et al. (2017) utilizaram a USLE associado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para realizar análises quantitativas de valores de erosividade, estimando a vulnerabilidade do solo, identificando as taxas de erosão hídrica provocada pela ação das chuvas na região.

De acordo com Back e Poletto (2018) o estudo da variação espacial e temporal da erosividade apresentam comportamentos diferenciados de região para região e podem ser avaliados por *softwares* para análises espaciais, acreditam que a aplicação de práticas de controle de erosão são essenciais para que haja a conservação do solo. Souza et al. (2020) explicam que a previsão da ocorrência de um processo erosivo em uma área serve como contribuição positiva no auxílio de tomada de decisão no que se refere a minimização dos impactos ambientais ocasionados por esse processo de degradação do solo.

Neste sentido, o presente trabalho visa realizar a estimativa do potencial de erosividade do solo no município de Buriticupu-MA utilizando o método de USLE associada a ferramentas de geoprocessamento, identificando as áreas mais suscetíveis aos processos de erosão.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar o potencial de erosão no município de Buriticupu-MA, com auxílio de ferramentas de geoprocessamento utilizando o *software* QGis.

2.2 Objetivos específicos

- Empregar o uso das geotecnologias e Equação Universal de Perda de Solo (USLE) para avaliação de erosividade do solo
- Realizar o levantamento dos tipos de solo do município;
- Elaborar um mapa de erosividade da área de estudo;
- Indicar técnicas de manejo do solo visando a conservação e diminuição de perda de solo em razão dos processos erosivos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Características de uso e ocupação do solo

De acordo com Alves (2004) o termo uso e cobertura do solo se refere ao que se é construído ou inserido na superfície do planeta, se relacionando também com o manejo do solo com práticas voltadas para a agricultura, área de pastagens, urbanização no caso de cidades, e outros tipos de ocupação. A determinação do uso e cobertura da terra é na atualidade constituído numa importante ferramenta e subsídio à orientação e tomada de decisão (LEITE e ROSA, 2012).

Para Amundson et al. (2015) o solo é um dos recursos naturais primordiais não somente no que diz respeito a produção de alimentos, nele encontram-se outros elementos que contribuem para um equilíbrio ecológico. Segundo Martins e Fernandes (2017) o solo é um recurso finito, pois apresenta características de formação lenta podendo levar séculos para sua formação, embora sua degradação possa acontecer de forma rápida em virtude de ações ocasionadas principalmente de um manejo inadequado e crescimento desordenado das demandas populacionais como afirmam Farias e Filho et al. (2019).

O crescente aumento da população urbana neste período exige do meio, uma maior demanda dos recursos naturais, o que contribui para uma mudança significativa no cenário da “paisagem natural”, já que o processo de urbanização tende a ocupar cada vez mais espaços do campo (GAMA et al., 2019).

A exploração das terras e o crescimento econômico do meio rural de grande parte das regiões brasileiras têm sido prejudicados pela falta de um planejamento real, que tenha como base o conhecimento dos recursos naturais disponíveis. Isto contribui para a degradação dos ecossistemas regionais com conseqüente deterioração do nível de vida das comunidades. Para reverter essa situação é importante que sejam levantadas as características e propriedades dos recursos solo, água e vegetação, bem como sua disposição nos diversos ambientes e os seus relacionamentos com os aspectos sociais e econômicos (PARAHYBA et al., 2008).

Diante disso Duarte et al. (2021) indicam que a expansão do meio rural e crescimento do agronegócio em escala global desencadeou um grande processo de transformação da paisagem, causando interferências negativas ao meio ambiente. Em razão disso existe uma necessidade de se compreender e monitorar as modificações

constantes que ocorrem no uso da terra, possibilitando assim o subsídio para tomadas de decisões.

As transformações espaciais ocorrem sem uma gestão que tenha capacidade necessária para minimizar os impactos sobre o ambiente, tornando-se geradores de sérios problemas ambientais. Este cenário, portanto, tem se tornado um desafio para o planejamento ambiental e para o ordenamento territorial, uma vez que os impactos alcançam não apenas uma escala local, mas ampliam-se, repercutindo em escalas regional e global (MELLO e ARTAXO, 2017; DUARTE et al., 2020).

3.2. Consequências avanço desordenado da urbanização e agricultura

As ações antrópicas têm alterado de maneira significativa a funcionalidade do ambiente natural em diversas regiões geográficas do Brasil, tornando-o cada vez mais frágil (CARVALHO et al., 2020). Para Panachuki (2003) os processos que envolvem a degradação dos recursos naturais atrelados a expansão das cidades e o avanço da agricultura trazem consequências que prejudicam o meio ambiente, causando interferências tanto no que diz respeito a aspectos físicos, químicos e biológicos, e com isso comprometendo a capacidade produtiva nos casos de áreas utilizadas para fins agrícolas, já na urbanização isso pode trazer consequências como desastres ambientais.

Com a crescente preocupação ambiental, existe uma necessidade do monitoramento das condições dos recursos naturais e da implantação da agricultura de precisão. As informações sobre os solos devem ser conciliáveis com essa realidade. Entretanto, para que isso seja possível, é preciso que novos mapas sejam feitos e em escala compatível com o objetivo (MCBRATNEY et al., 2003). Bighetti et al. (2021) indicam que os processos de degradação que ocorrem nas áreas urbanas são intensificados principalmente pela antropização dessas áreas.

No Brasil, um dos principais fatores que contribui para a declínio da capacidade produtiva dos solos é a erosão hídrica, sendo essa a fomentadora de vários impactos ambientais, como a perda de biodiversidade, a redução da produtividade agrícola, o assoreamento de rios, a redução da capacidade de drenagem, dentre outros, atingindo populações urbanas e rurais (MATA et al. 2007).

As pesquisas de levantamentos de solos e estudos correlatos são importantes para possibilitar uma visão global da natureza, distribuição e quantificação desse recurso natural, além de proporcionar elementos básicos e essenciais para avaliação das terras;

planejamento de pesquisas e projetos agrossilvipastoris; zoneamentos agrícolas; seleção de áreas para expansão agrícola; e planejamento de sistemas urbanos, rodoviários, aeroportos, açudes, etc (PARAHYBA et al., 2008).

3.3. Influências da variabilidade climática na degradação do solo

A questão da degradação ambiental no Brasil vem se agravando no decorrer dos anos. A região semiárida no Nordeste do Brasil (NEB) se destaca nessa perspectiva devido a muitos fatores, entre eles as próprias condições climáticas e fatores antrópicos (SOUSA e NASCIMENTO, 2015). Assim a degradação do solo também pode prejudicar o crescimento econômico, especialmente em países onde a agricultura é o motor da economia, como no Brasil (OLIVEIRA e AQUINO, 2021). Bighetti et al. (2021) classificam o clima como um dos fatores fundamentais que contribuem para processos de degradação do solo, indicando a intensidade, frequência e duração das chuvas como atores contribuintes para os processos de erosividade do solo, que é o tipo de degradação mais comum em países de clima tropical.

O entendimento dos efeitos climáticos e do uso do solo em conjunto é crucial para análise ambiental e prevenções de desastres naturais (GOMES et al., 2021). A precipitação é a força motriz do processo erosivo hídrico, onde o desprendimento e o transporte pelo escoamento superficial dos sedimentos dependem da intensidade, frequência e duração dos eventos em uma determinada região ou localidade (PRUSKI et al., 2009; SANTOS et al., 2020).

Para Pereira (2014) a variabilidade das chuvas é um dos principais fatores climáticos responsáveis por influenciar nas diretamente no clima de uma região, essa variabilidade climática pode apresentar características bastante diferenciadas, principalmente na região Nordeste do Brasil, causando grandes índices de degradação. A degradação do solo resulta em perda de nutrientes e conseqüentemente perda da fertilidade, aumentando assim os custos na reparação (MEIRA et al., 2016; SILVA et al., 2020, Batista et al., 2021). Dentre as formas de degradação do solo, a erosão hídrica é uma das principais, sendo a cobertura do solo e a declividade do terreno os principais fatores que exercem sobre ela (INÁCIO et al., 2007).

A erosão dos solos é um dos processos que compõem a dinâmica da natureza, caracterizando-se por ser de extrema relevância quando associada aos parâmetros de conservação dos solos, gestão de recursos hídricos e produtividade agrícola (FRONZA, 2019).

Os processos erosivos ocorrem de forma natural, possibilitando a esculturação do relevo. No entanto, a intervenção humana no meio ambiente, em busca de suprir necessidades do modo de produção capitalista, acelera esses processos, fazendo com que a natureza perca sua capacidade de recuperação. É o caso de áreas que possuem como principal atividade econômica a agropecuária, que, se realizada sem manejo do solo, aliada às vulnerabilidades naturais do ambiente, resultam em sulcos, ravinas e voçorocas, sendo necessárias ações de recuperação do solo (THOMAZINI e MOREIRA 2021).

3.4. Erosão hídrica

A degradação dos solos por erosão tem sido um problema amplamente abordado em estudos, devido as diversas consequências de ordem ambiental, social e econômica, ocasionadas pela exploração desordenada das terras (SILVA LUZ et al., 2020), Bonzanini et al. (2022) relatam em um de seus trabalhos como aos processos relacionados a erodibilidade dos solos compromete a qualidade do solo, sendo apontado como um problema de grande incidência em todo o planeta. E é responsável por perdas de solo superiores às taxas naturais de reposição (MOTA et al., 2021).

Dentre os principais tipos de erosão dos solos brasileiros, a pluviométrica é a que mais contribui, no que diz respeito à remoção, ao carreamento e à deposição de sedimentos nos canais de drenagem, principalmente em áreas com índice pluviométrico elevado e chuvas intensas, ocasionando maior impacto das gotas de chuva no solo (SOUSA e PAULA, 2019; VANSAN E TOMAZONI, 2020, BATISTA et al., 2021).

A ocorrência de feições erosivas urbanas decorre, além desses fatores, de outros específicos urbanos, como impermeabilização do solo e sistema de rede de drenagem ineficiente ou até mesmo inexistente. Nessas áreas, os processos erosivos são potencializados pelo desenvolvimento urbano sem planejamento adequado, visto que a ausência da cobertura vegetal, aliada à impermeabilização da superfície, promove a redução da condição de infiltração de água no solo e apresenta como consequência o aumento da velocidade do escoamento superficial (BIGHETTI et al., 2021).

Segundo Farias Filho et al. (2019) alguns ambientes são mais propensos a sofrerem maiores impactos relacionados a erosão hídrica, pois apresentam grau de fragilidade que contribuem para a aceleração desse processo, comprometendo os recursos hídricos e causando impactos ambientais, como a movimentação de sedimentos que são levados de uma área para a outra, principalmente regiões de altitudes mais elevadas para

as mais baixas. A erosão hídrica do solo promove o carreamento de partículas ricas em nutrientes, diminuindo o potencial de fertilização do solo, além de reduzir a espessura da camada do solo, diminuindo a capacidade de retenção hídrica e culminando no aumento do escoamento superficial da água pluvial agravando ainda mais as etapas dos processos erosivos (CERDÀ et al., 2009; SANTOS et al., 2010; GOMES et al., 2021).

O estudo da erosão dos solos se torna importante, pois o conhecimento antecipado do potencial de erosão do solo em uma área pré-estabelecida pode direcionar a atividade humana no sentido de um uso e manejo sustentável dos recursos naturais (AQUINO et al., 2007). Para Lima et al. (2021) a necessidade de se compreender os fatores que contribuem para a formação dos processos ligados a erosividade do solo é crucial para se determinar as medidas que visem a diminuição dos impactos relacionados a erosão, promovendo a preservação e conservação do solo através de estratégias de planejamento ambiental.

3.5. Fatores de Erosividade do solo

Os processos erosivos causam mudanças ambientais que afetam a produção de alimentos e a conservação dos recursos naturais (COE et al., 2011). Alguns fatores atenuam ou agravam esse tipo de erosão, como precipitação, tipos de solo, uso e ocupação do solo (SIMONETTI et al., 2019). As feições erosivas se desenvolvem a partir da combinação de fatores como a inclinação do terreno, o comprimento de rampa, a presença e o tipo de cobertura vegetal do solo, a ação das águas de chuva e a textura do solo (BIGHETTI et al., 2021).

Os fatores R, K, e LS dependem das características naturais da área em estudo, variando de acordo com as alterações provenientes de agentes ambientais (clima, tipo de solo, índice de precipitação pluviométrica e características de relevo), enquanto que C e P correlacionam-se com as formas de uso e ocupação dessa área (ocorrência ou presença de cobertura vegetal, programas ou políticas de conservação, planejamento para parcelamento e uso adequado do solo de acordo com suas aptidões, entre outros) (TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1992) quando se analisa a erosividade do solo o fator R que é responsável por estimar a erosividade da chuva é um dos mais importantes, pois quando aplicado na USLE indica qual localidade possui os maiores índices de erosividade. O fator R corresponde ao somatório dos índices mensais de erosão (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999). O fator R caracteriza o efeito do impacto das

gotas da chuva e velocidade de escoamento superficial da água da chuva. É determinado para períodos ou estações específicas do ano, e representa um índice numérico que denota a capacidade da chuva de um determinado local em causar erosão (FRONZA, 2019).

A erodibilidade do solo (K) mostra a susceptibilidade e a resistência do solo à erosão por meio da relação entre a intensidade de erosão e a erosividade da chuva, para um determinado solo que permaneceu continuamente sem cobertura (CARVALHO, 1994). De acordo com Kurowski (1962) a topografia do terreno e sua declividade juntamente com o comprimento de rampa são características que corroboram para determinar a velocidade do escoamento na superfície do solo, pois áreas mais acidentadas promovem um acréscimo na velocidade do escoamento superficial, contribuindo para o aumento da capacidade de degradação em razão da erodibilidade podendo evoluir para casos mais graves como o caso das voçorocas.

Para Diodato e Ribeiro (2020) a evolução dos processos erosivos sem aplicação de medidas mitigadoras pode ocasionar o surgimento de ravinas e voçorocas, diminuindo a capacidade produtiva do terreno quando se refere a áreas agricultáveis, quando se relaciona essas formas mais graves de degradação a ambientes urbanos esses problemas podem contribuir para desastres ambientais como enchentes e alagamentos em períodos chuvosos.

3.6. Estimativa de erosividade do solo pela Equação Universal da perda de solo (USLE)

Nos últimos anos, em meio a preocupação com a conservação do solo e da água, foram desenvolvidos vários modelos para a estimativa da erosão hídrica (LOVRIC e TOSIC, 2018). As primeiras estimativas de perdas de solo no Brasil foram analisadas na década de 1940, com o uso de parcelas experimentais no Instituto Agrônomo de Campinas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

Segundo Guedes et al. (2022) a variedade de modelos desenvolvidos com o intuito de realizar estimativas do potencial de erosividade do solo acompanha as diferenças de escalas tanto espaciais como temporais. O uso de modelos distribuídos no espaço caracteriza-se por ser uma ferramenta extremamente poderosa para análise ambiental, em especial na determinação na estimativa de perda de solos, em bacias hidrográficas (SILVA, et al., 2008).

Em 1965 foi criado o modelo USLE (Universal Soil Loss Equation), que objetiva prever a erosão que ocorrerá em determinada área, servindo como método para auxiliar

na tomada de decisão sobre o uso e o manejo do solo (SOUZA et al., 2020). A Equação Universal de Perda de Solo é um modelo de estimativa que baseia em uma equação empírica, onde visa quantificar e estimar o volume de sedimentos que são transportados de áreas que sofrem em razão dos processos de erosão hídrica para áreas de terrenos com topografia mais baixa.

A EUPS possibilita um planejamento conservacionista capaz de manter essas perdas em níveis toleráveis. A determinação do fator R da USLE necessita de pelo menos 20 anos de séries históricas de precipitação e o EI30 é um dos parâmetros mais utilizados para a quantificação da erosividade, sendo o produto entre energia cinética da chuva (E) e sua maior intensidade num período contínuo de 30 min (I30) (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Neste contexto, quantificar a perda de solo se torna extremamente importante para o planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica, sendo uma excelente ferramenta de subsidio para o manejo sobre o uso do solo e a gestão dos recursos ambientais (GOTTSTEIN et al., 2019).

3.7. Uso do geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramenta de análises de perda do solo

O conhecimento do potencial de erosão do solo é importante à compreensão dos problemas ambientais, pois permite identificar as práticas que mais contribuem para a preservação/conservação dos solos e ao planejamento ambiental (SOUSA e PAULA, 2019). A utilização de um SIG na geração de mapas temáticos garante eficiência e rapidez no processo de levantamento e tratamento de dados, assim como na tomada de decisões (CARELLI e LOPES 2011). A identificação de áreas suscetíveis à erosão pode ser obtida utilizando modelos matemáticos em conjunto com técnicas de geoprocessamento (BATISTA et al., 2021).

Segundo Oliveira et al. (2020) o uso do sensoriamento remoto está sendo cada vez mais utilizado como ferramenta de monitoramento, principalmente na área ambiental. A espacialidade dos processos erosivos envolve a compreensão dos aspectos das regiões e as transformações ocorridas nas paisagens e mudanças das atividades realizadas nessas regiões (FRANCISCO, 2022). Para a realização de estudos de erosão de solos, uma das ferramentas mais adotadas na atualidade tem sido as geotecnologias, que permitem a localização precisa de áreas de interesse e a manipulação das informações geográficas,

permitindo também um monitoramento contínuo de certos fenômenos, como o erosivo (DIAS e SILVA, 2015).

Sendo assim, o geoprocessamento e a cartografia são ferramentas importantes na identificação de áreas degradadas, bem como na análise dos fatores que levaram a tais condições, auxiliando na implementação de práticas de recuperação de áreas ou, ainda, na prevenção e manejo das mesmas. Um exemplo disso é a identificação de focos erosivos lineares e suas possíveis causas (THOMAZINI e MOREIRA 2021).

Foi observado por Mesquita Junior (2016) que o uso de ferramentas SIGs são excelentes para a geração de resultados que contribuem para a tomada de decisão, quando associado a uma metodologia como a USLE pode ser usado para caracterizar as vulnerabilidades de uma região assim como menciona Souza et al. (2019) em um de seus estudos envolvendo a aplicação da USLE e o geoprocessamento, onde estimou a perda de solo em uma bacia hidrográfica, demonstrando que o conjunto de análise de dados pode ser utilizado tanto em áreas menores quanto em áreas de maior dimensões territoriais.

O uso de SIGs tem se mostrado bastante eficientes para caracterizar a susceptibilidade erosiva, devido a facilidade de obtenção de dados, conferindo agilidade aos processos. Muitos destes são disponibilizados gratuitamente, como o QGIS (DIODATO e RIBEIRO, 2020)

3.8. Práticas de manejo e conservação do solo

Erosão hídrica é um processo natural que é intensificado pela falta de práticas conservacionistas, e retirada da cobertura vegetal do solo. Tem como consequência, o empobrecimento do solo, assoreamento e eutrofização dos corpos d'água, entre outros (DIODATO e RIBEIRO, 2020). O uso das práticas conservacionistas para a recuperação das áreas com solos degradados pode contribuir nos mapeamentos realizados pelos geógrafos com apoio nos Sistemas de Informação Geográfica (FRANCISCO, 2022)

Em um dos estudos de Lima et al. (2021) os autores destacaram as áreas de maiores índices de antropização como as que apresentam os maiores níveis de degradação, principalmente em razão da ausência de vegetação em sua superfície, o uso de ferramentas de geoprocessamento pode ser eficaz na realização de análises e contribuir para diagnósticos ambientais, essas análises norteiam planos de ações e práticas que visem a gestão dos recursos naturais que estão sendo prejudicados.

Nesse contexto, sugere-se, como medidas preventivas ou mitigadoras, a adoção do plantio direto, cobertura permanente do solo, rotação de culturas, retenção de resíduos de culturas, incorporação de plantas de cobertura no ciclo de rotação, uso de gerenciamento integrado de nutrientes e eliminação de distúrbios mecânicos do solo (OLIVEIRA e AQUINO, 2021).

Para Batista et al. (2021) o conhecimento do potencial de erosividade de uma região é ideal para o favorecimento de medidas não só de interesse administrativo mas também no que se refere a conscientização das comunidades que residem muitas vezes em ambientes com altos índices de degradação ambiental, no caso da erosão hídrica que é capaz de ocasionar desastres ambientais bastante prejudiciais, principalmente em áreas urbanas é necessário que haja o interesse em promover informações de caráter ambiental a população, o manejo adequado e boas práticas de uso dos recursos naturais contribui para a conservação, bem como a cobertura do solo.

A cobertura vegetal é uma barreira natural de defesa do solo contra a força das gotículas de chuva que caem nele, que são a primeira etapa do processo erosivo, provocando o salpicamento (SILVA e SCHULZ, 2002). A força com que cai as gotículas de chuva faz com que elas se transformem em verdadeiras bombas em miniatura, que golpeiam o solo, desagregando os seus torrões e lançando para longe as partículas menores, provocando até mesmo a diminuição da capacidade de infiltração de água no solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

Em sistemas de agricultura, é comum a utilização do Sistema de Plantio Direto (SPD), que consiste em um sistema de manejo para exploração agropecuária, constituído de práticas que envolvem a rotação de culturas, mobilização de solo exclusiva na linha de semeadura e cobertura permanente (CASSOL et al., 2007).

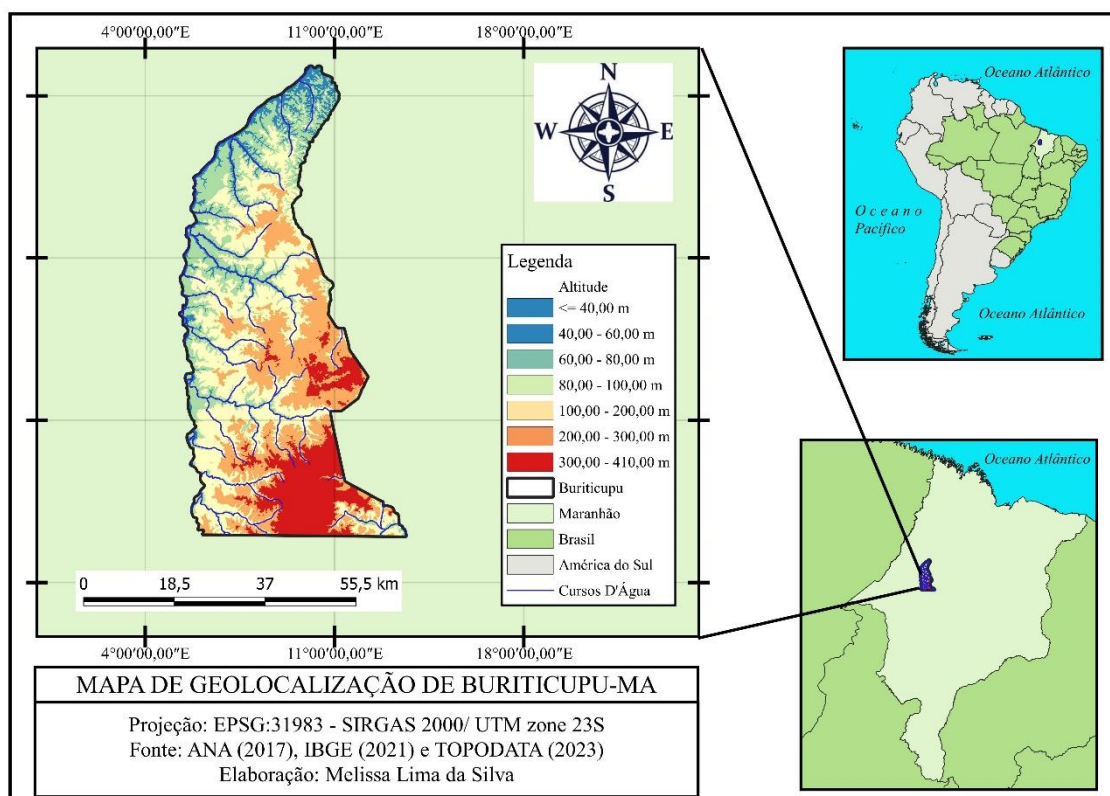
A importância do uso de ferramentas de planejamento ambiental, como a carta de susceptibilidade erosiva, mesmo que qualitativa, são fator potencial à definição de áreas de especial interesse ambiental, com vistas a preservação dos recursos naturais, em especial, os recursos hídricos, e no norteamento das políticas públicas de uso e ocupação do solo de uma região ((DIODATO e RIBEIRO, 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo está inserida no município de Buriticupu, onde compõe a Microrregião do Pindaré, que por sua vez faz parte da Mesorregião Oeste Maranhense. A localidade está situada entre os pares de coordenadas $46^{\circ}28'52,24''$ O $4^{\circ}17'43,775$ e $46^{\circ}24'9,91''$ O e $4^{\circ}22'12,12''$ S a uma altitude máxima de 234 metros e mínima de 61 metros. O território municipal analisado está situado em ambiente tipicamente amazônico de acordo com dados do IBGE (2010) e Farias Filho et al. (2019) conforme a figura 1.

Figura 1-Mapa de Localização do município de Buriticupu-MA



Fonte: Autora, 2023.

As características climáticas do local são marcadas pela concentração das chuvas entre os meses de janeiro e junho, com os picos das chuvas situadas entre os meses de março e abril. Por ser uma das últimas ramificações da Serra do Gurupi, no sentido norte, o relevo da região apresenta-se em forma de um grande tabuleiro, separado por vales na direção norte-sul, com altitudes médias de 350 m com superfície plana

e levemente ondulada, com planície aluvionar que caracteriza-se por apresentar uma superfície extremamente horizontada, onde os sedimentos inconsolidados (areias, argilas e cascalhos) encontram-se depositados nos cursos d'água do município (IBGE, 2011; MACEDO et al., 2021).

Os solos característicos dessa área são os Latossolos Amarelos Distróficos, os Argissolos Vermelhos Eutróficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, Latossolos Amarelos Petroplínticos (BANDEIRA, 2013). A ocupação urbana é quase toda em áreas de Latossolos Amarelos Distróficos, sendo áreas mais seguras do ponto de vista geotectônico, já que esses solos são mais estruturados (apesar do alto teor de areia) e também estão em relevo plano FARIAS FILHO et al., 2019).

4.2. Procedimentos e Ferramentas utilizados para a pesquisa

4.2.1. Análise de uso e ocupação do solo

Para a elaboração do trabalho foi utilizada a base de dados da plataforma Mapbiomas, que utiliza um *toolkit* na plataforma Google Earth Engine. Estão armazenados na plataforma Mapbiomas uma série histórica de dados de uso e cobertura da terra a partir do ano de 1985, embora no estudo foi utilizada apenas o conjunto de dados mais recentes para o ano de 2021.

Foi utilizado O Modelo Digital de Elevação (MDE) que possui características geomorfométricas da plataforma TOPODATA (2022), foi realizado no *software Qgis* para elaboração dos mapas, que foram classificados e quantificados em hectares, também foi realizada a análise de declividade, de acordo com a classificação proposta pela EMBRAPA (1979), também em hectares. Foi realizada a extração das curvas de nível pela ferramenta contorno, evidenciando assim as suas cotas e curvas que variaram em metros.

4.3. Dados de Precipitação

Para a realização das análises de precipitação e erosividade dos solos da área de estudo foram utilizados dados pluviométricos disponíveis na plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para um período de observação de 1971 a 2021, utilizando dados pluviométricos das estações mais próximas.

4.4. Análise do fator R - Erosividade da chuva

Para a estimativa da erosividade do fator R foram realizados cálculos no Excel utilizando os dados de precipitação para o período de 1971 a 2021, esses dados foram refinados no software Qgis, os resultados da erosividade foram óbitos com base em parâmetros como: Latitude, Latitude, Atitude e pela interpolação dos dados realizada no software, promovendo a espacialização, a equação os resultados de erosividade foram calculados através da equação 1 desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978):

$$Rx = 68,73 \times \left(\frac{Mx^2}{P} \right)^{0,841} \quad \text{Eq.1}$$

Em que:

Rx = É o fator R para o mês x. (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹);

Mx = É a média mensal de precipitação para o mês x (mm);

P = É a média anual de precipitação (mm).

Os valores de erosividade média anual das chuvas foram categorizados a partir da tabela 1 que apresenta valores classificados por Carvalho (2008).

Tabela 1. Classes de Erosividade das chuvas para o Fator R

Erosividade (MJ.mm.ano.ha ⁻¹ .h ⁻¹)	Classes de erosividade
R ≤ 2.452	Erosividade Baixa
2.452 < R ≤ 4.905	Erosividade Média
4.905 < R ≤ 7.357	Erosividade Média-Forte
7.357 < R ≤ 9.810	Erosividade Forte
R > 9.810	Erosividade Muito Forte

Fonte: Carvalho (2008).

4.5. Análise do fator K - Erodibilidade do solo

Para a estimativa do fator K os valores foram inseridos valores correspondentes a dados de susceptibilidade a erosão que cada solo encontrado na área de estudo de acordo com a Embrapa (1979), e foram usados como atributos em ambiente SIG para a geração do mapa de erodibilidade do fator K.

O Fator K é determinado experimentalmente em parcelas unitárias, sendo expresso como a perda de solo (A) por unidade de índice de erosão da chuva (EI), considerando todos os demais fatores da EUPS com valor unitário (Bertoni & Lombardi Neto, 1990) (equação 3):

$$K = \frac{A}{EI} \quad \text{Eq. 3}$$

A tabela 2 apresenta o valor do Fator K para as classes de solo presentes na bacia, conforme a proposição de Chaves (1994).

Tabela 2. Classes de erosividade do solo Fator K

Classes de Risco	Erodibilidade – Fator K (Mj.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹)
Muito Baixa	< 0,01
Baixa	0,01 – 0,02
Média	0,02 – 0,03
Alta	0,03 – 0,04
Muito Alta	> 0,04

Fonte: Chaves, 2013.

4.6. Análise do fator LS – Topografia da área

Os mapas de declividade e do fator LS foram gerados a partir do Modelo Digital de Elevação a fim de determinar as características topográficas da área de estudo, a análise foi realizada de acordo com Galdino (2012), Bertoni e Lombardi Neto (1990) apresentam a equação 3 e 4 como métodos de análise dos fatores topográficos como comprimento de rampa e declividade para a estimativa de perda de solo.

$$L = \sqrt{P^2 + \left(\frac{D}{100} X \cdot P\right)^2}$$

Em que:

L = Comprimento de rampa (adimensional);

P = Tamanho do pixel considerado (15 m);

D = Declividade (em porcentagem).

$$LS = 0,00984 \times L^{0,63} \times D^{1,18} \quad \text{Eq. 4}$$

Em que:

LS = Fator topográfico (adimensional);

L = Comprimento de rampa (adimensional)

D = Declividade (em porcentagem).

A classificação dos resultados de Declividade foi realizada de acordo com a tabela 3 proposta pela Embrapa (1979) distinguindo cinco classes de declividade.

Tabela 3 – Classificação de Declividade proposta pela Embrapa (1979)

Classe de relevo	Declividade (%)
Plano	0 – 3
Suave ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Escarpado	> 75

Fonte: EMBRAPA, 1979.

4.7. Análise do fator CP- Manejo do solo e práticas conservacionistas

Os fatores C e P foram analisados de maneira conjunta para a geração do mapa de erodibilidade do fator CP utilizando a metodologia proposta por Stein et al. (1987), onde objetiva-se determinar práticas mais adequadas de conservação do solo, levando em conta a cobertura do solo e estimando a erosão hídrica no município de Buriticupu.

4.8. Análise da perda de solo pela USLE

A aplicação da USLE em escalas regionais é válida para estudos qualitativos sobre erosão hídrica laminar, fornecendo uma estimativa da espacialização de áreas com maior ou menor susceptibilidade erosiva (BORGES, 2009; BARBOSA et al., 2015). Essa etapa consistiu na geração de *layers* no formato de *rasters* do município de Buriticupu para cada parâmetro do modelo USLE. Sendo assim, foi realizada conforme a equação idealizada por Wischmeier e Smith (1978) a fim de se verificar os fatores fundamentais para a adição do conhecimento e a antecipação do potencial de erosão. A USLE estima a perda de solo pela equação 2:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área (t/ha.ano);

R = índice de erosão pela chuva ou erosividade (MJ.mm/ha.h.ano);

K = fator de erodibilidade do solo (t. h/Mj.mm);

L = comprimento do declive (adimensional);

S= grau de declive (adimensional);

C = fator de uso e cobertura do solo (adimensional);

P = fator referente às práticas conservacionistas de controle de erosão (adimensional).

5. RESULTADOS

5.1. Uso e ocupação do solo

De acordo com a análise de uso e ocupação do solo, verificou-se que em 2021 o município de Buriticupu apresentava em sua dinâmica de cobertura, variadas classes (Tabela 4) ao relacionar a origem de cada uma delas, notou-se que trataram-se de classes de vegetação natural, e classes antrópicas desenvolvidas por atividades humanas, principalmente ligadas a agricultura e pecuária.

A classe de formação florestal correspondeu a maior ocupação no município no ano de 2021, a qual perfaz o total de 122.196,118 ha, o que refere-se a 48,029% da área de estudo.

A classe de pastagem foi tida como a segunda maior classe presente no município, com 102470,283 ha, nota-se que essa por sua vez apresentou quase o mesmo valor da maior classe natural, o que chama atenção por tratar-se de uma classe de cunho antrópico, ocupando 40,276 % do município de Buriticupu.

Tabela 4. Uso e cobertura e ocupação do solo no município de Buriticupu - MA

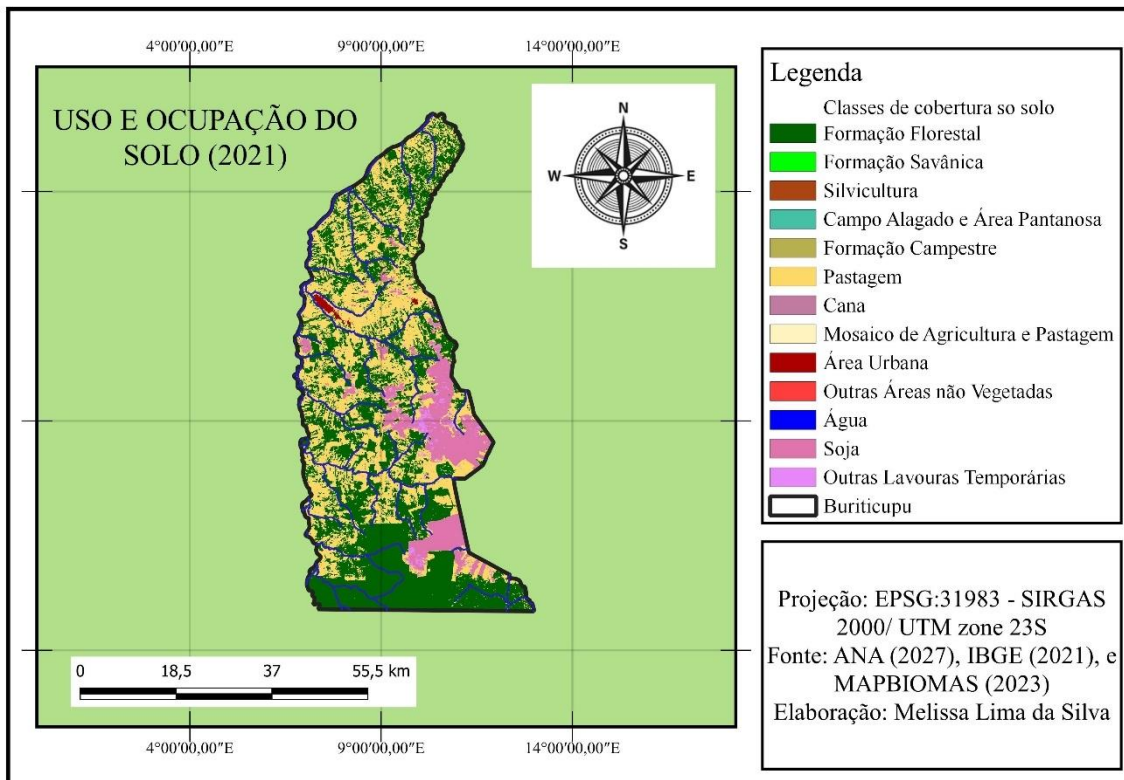
Classes de uso e ocupação do solo	Área em hectares	Área em %
Formação Florestal	122.196,118	48,029
Formação Savânica	52,100	0,020
Silvicultura	1,423	0,001
Campo alagado	24,094	0,009
Formação Campestre	1,600	0,001
Pastagem	102.470,283	40,276
Área Urbana	949,808	0,373
Rios	143,498	0,056
Soja	24.909,193	9,790
Lavouras Temporárias	3.675,028	1,444
Total	254.423,145	100,00

Fonte: Autora, 2023.

Conforme pode ser observado na (figura 2), em 2021 o município de Buriticupu passou por um processo de intensificação em sua dinâmica de uso do solo, percebe-se ainda que as duas maiores classes são a formação florestal e pastagem classe agropecuária, a atuação agrícola na região evidencia as modificações que o município passou ao longo dos últimos anos. O resultado da expansão agrícola faz com que a

tendência do aumento de classes agrícolas seja amplificado e recaia sobre a redução das classes naturais presentes.

Figura 2. Classes de uso e ocupação do solo no município de Buriticupu – MA

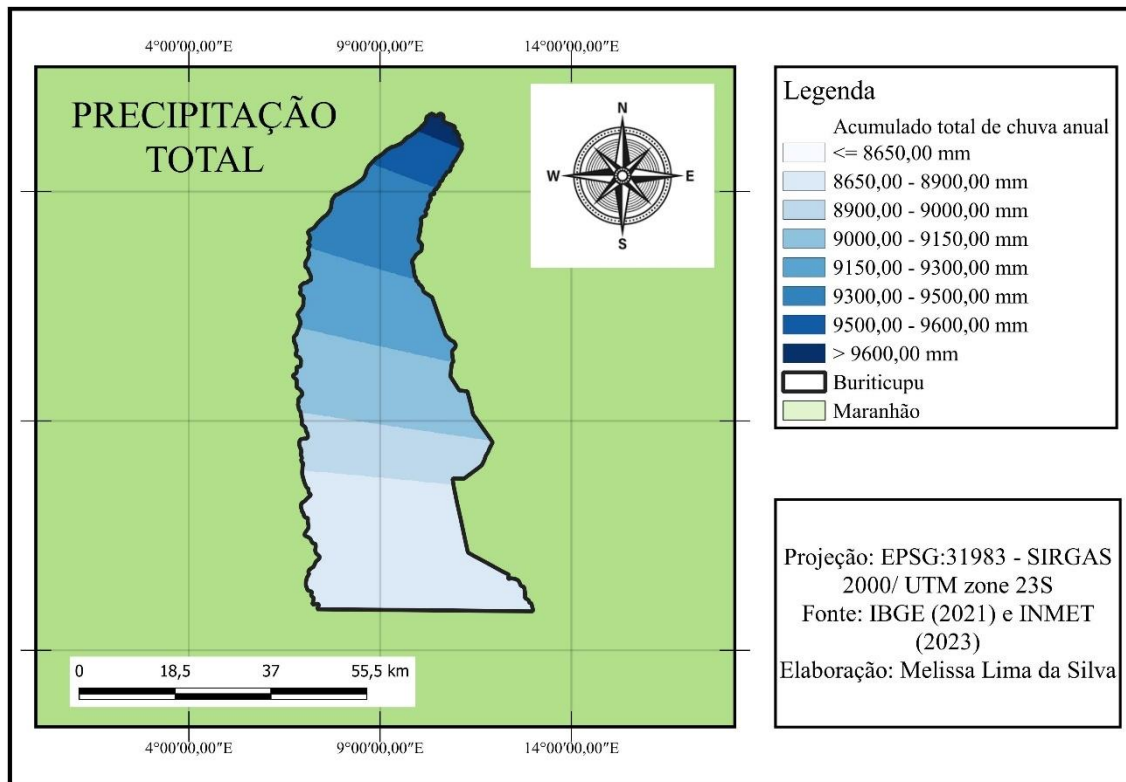


Fonte: Autora, 2023.

5.2. Pluviosidade do município de Buriticupu

Conforme pode ser observado o município de Buriticupu (Figura 3) demonstrou uma variabilidade climática com regime de precipitação total mínima de cerca de 8.650 mm e o máximo acima de 9.600 mm. Por meio da disposição espacial dos acumulados de precipitação, dessa forma verificou-se o comportamento das chuvas no município. As regiões em tonalidades mais escuras apresentam maiores índices de precipitação.

Figura 3. Mapa de Precipitação Acumulada no município de Buriticupu-MA



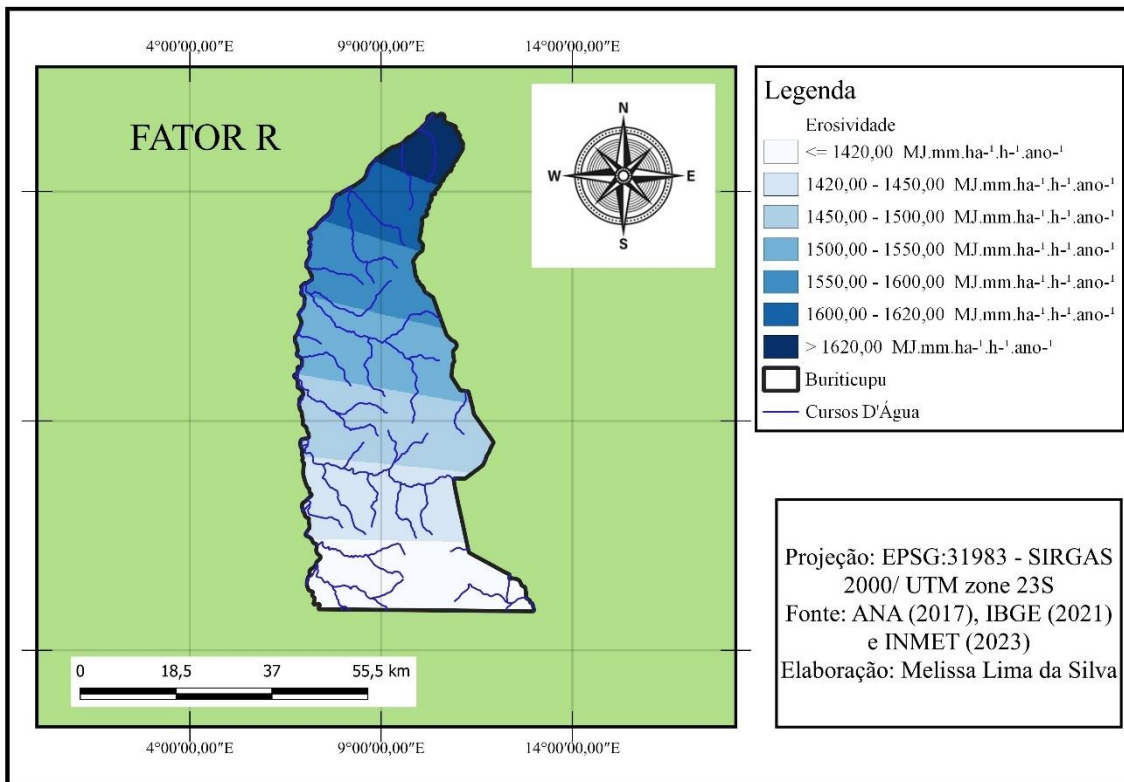
Fonte: Autora, 2023.

5.3. Erosividade: Fator R

Avaliando os resultados obtidos para o fator R conforme a figura 4, notou-se que o município de Buriticupu apresentou o menor valor de $1.420,00 \text{ Mj.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, de acordo com a classificação proposta por Carvalho (2008) esse valor é categorizado como erosividade baixa pois apresenta um índice menor ou igual a $2.452 \text{ Mj.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, esse índice se estende por cerca de 17,54% da área do município. Tendo em vista que os valores acima desse se perpetuaram na mesma classificação e obtiveram valores que alcançaram $1.620,00 \text{ Mj.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, esse valor corresponde a cerca de 2,07% da área de estudo. Conforme foi expressado a erosividade ocasionada pela chuva é um fator de importante contribuição de processos de perda de solo, também é vista de forma negativa, ao passo que na maioria das vezes é intensificada no período mais chuvoso na região, culminando no desgaste do solo, afetando de maneira prejudicial à região. O período chuvoso na região pode desencadear não somente a perda de solo como desestruturar os processos já presente, realizando a evolução para voçorocas no município.

Observou-se ainda que quanto maior foi a intensidade do regime de chuvas no município, maior foi a Erosividade ocorrida no município, o que foi pode ser notado na parte superior com cores em azul mais intenso, denotando assim a região com maior ocorrência de perda de solo.

Figura 4. Mapa de Erosividade Fator R no município de Buriticupu-MA

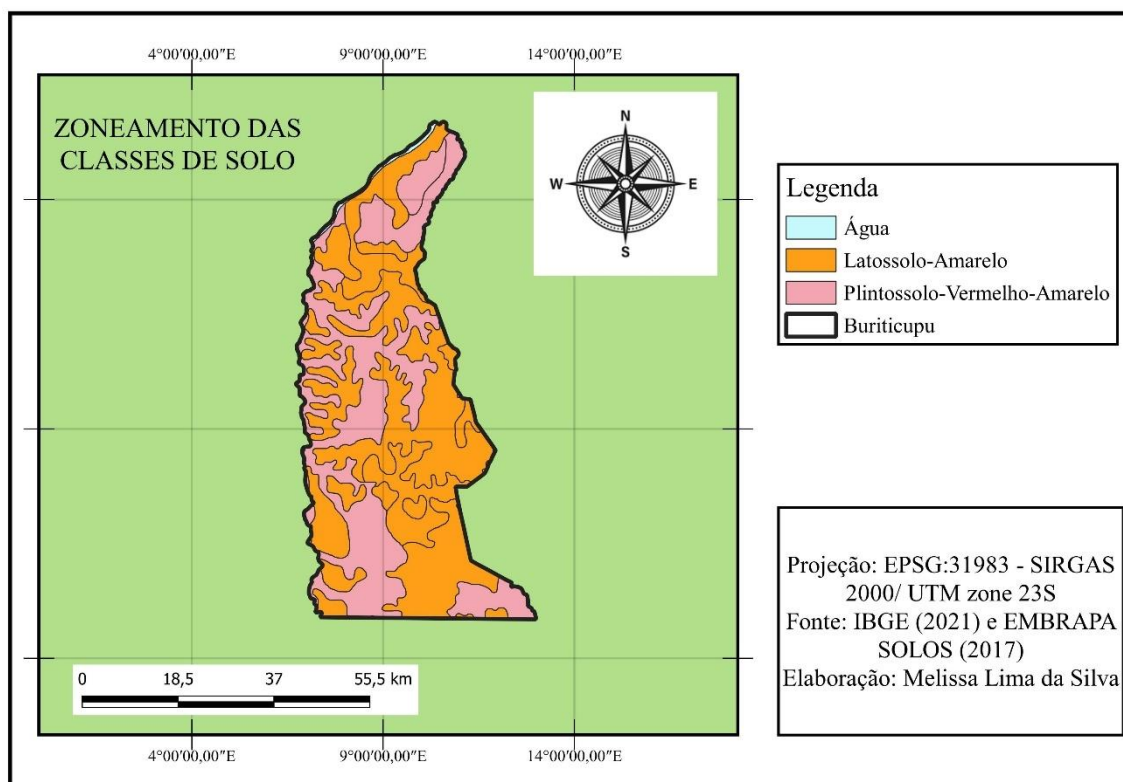


Fonte: Autora, 2023.

5.4. Erodibilidade do Solo Fator K

A figura 5 representa as classes encontradas corroboram as categorias evidenciadas pela Embrapa Solos (1979), que correspondem as classes de Latossolo Amarelo, Plintossolo Vermelho-Amarelo e outra parte recoberta por água. Em um dos trabalhos de Campos (2019) sobre os processos erosivos que ocorrem em Buriticupu também observou a presença de latossolos na região do município.

Figura 5. Mapa do Zoneamento das classes de solo do município de Buriticupu-MA



Fonte: Autora, 2023.

Os valores adquiridos por meio do fator K para a área de estudo tiveram como base o nomograma de Wischmeier et al. (1978), bem como também a reclassificação de acordo com a EMBRAPA (1979), a qual determinou o coeficiente de erodibilidade do solo com relação a sua classe, e como a sua textura influencia na susceptibilidade de risco à erosão.

A tabela 5 refere-se aos valores de erodibilidade na análise do fator K, o solo com maior coeficiente de erodibilidade encontrado em Buriticupu, foi o Plintossolo Vermelho-Amarelo, com erodibilidade de 0,055 t. ha. h/ha.Mj.mm, essa classe está presente em cerca de 99.107,42 ha, o que corresponde a 38,94% do território do município e de acordo com Francisco (2013) valores como esses são classificados como erosividade muito alta por apresentar índice maior que 0,04 t. ha. h/ha.Mj.mm. Outra classe presente foi o Latossolo Amarelo, que apresentou erodibilidade de 0,028 t. ha. h/ha.Mj.mm, a área de abrangência dessa classe foi de 153.157,56 ha, somando cerca de 60,18 % do município. A área que representa a cobertura de corpos hídricos presentes, ou seja, os rios apresentou valor 0 de erodibilidade, correspondendo a 2.215,36 ha, sendo 0,87% do território

analisado. Farias Filho et al. (2019) evidencia que a ocupação do solo contribui para a aceleração de processos erosivos, principalmente em áreas urbanas sem controle e sem manejo adequado como é o caso de Buriticupu que apresenta uma alta susceptibilidade a erosão hídrica, culminando em graves problemas ambientais em razão do surgimento de voçorocas.

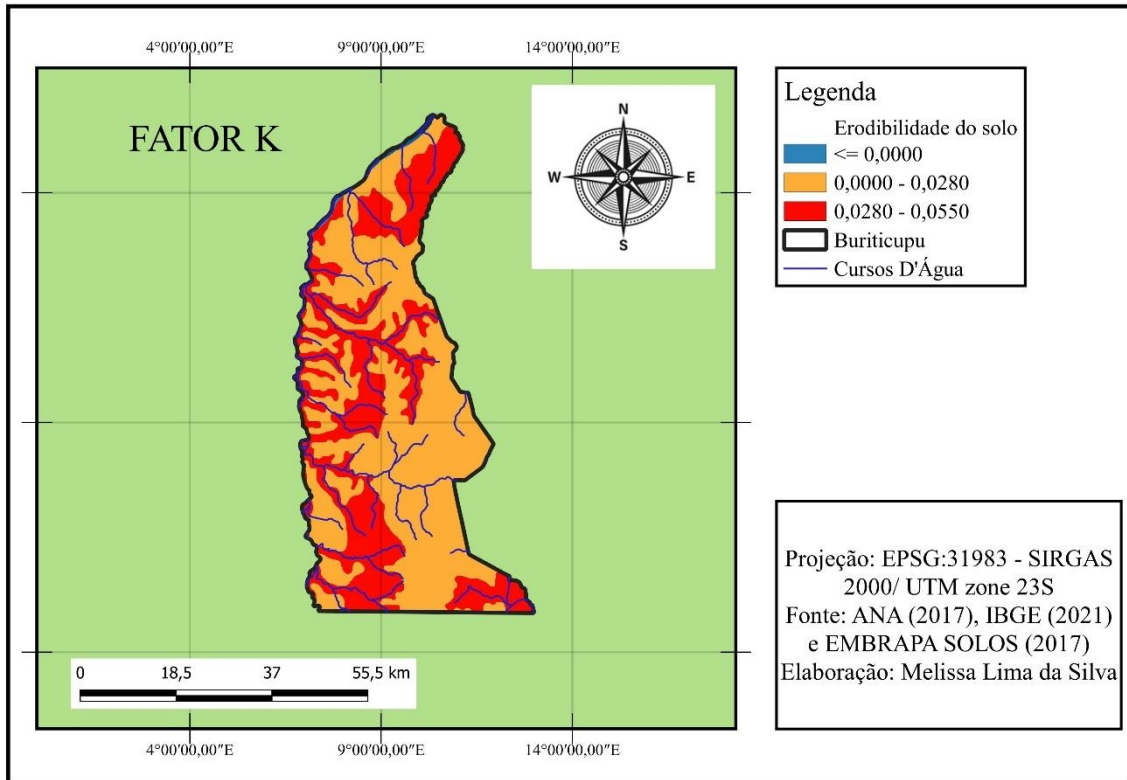
Tabela 5. Solos encontrados no município de Buriticupu-MA segundo a reclassificação conforme EMBRAPA (1999) com fator K

Classes	Fator K	Área em hectare	Área em %
Água	0	2.215,36	0,87
Latossolo Amarelo	0,028	153.157,56	60,18
Plintossolo Vermelho-Amarelo	0,055	99.107,42	38,94
Total	-	254.480,34	100,00

Fonte: Autora, 2023.

Ao avaliar espacialmente a distribuição do fator K (Figura 6) notou-se que em cores mais escuras estão os maiores coeficientes, atentou-se ainda que a maior distribuição dessas áreas estão próximas dos cursos d'água, dessa forma demonstrando que o assoreamento do solo está associado a solos com grande influência hídrica, culminando assim no arraste de sedimento, prejudicando o solo e tornando-o mais susceptível, Farias Filho et al. (2019) apontam as características da textura do solo do município de Buriticupu como um dos motivos para maior ocorrências dos processos de erosão, pois os solos dessa região apresenta um alto teor de silte e areia em sua granulometria.

Figura 6. Mapa de Erodibilidade Fator K do município de Buriticupu-MA



Fonte: Autora, 2023.

5.5. Erodibilidade do Fator LS

O fator LS (Tabela 6) foram extraídos a partir da declividade contida no Modelo Digital de Elevação nesse sentido, de acordo com a classificação da Embrapa (1979), a estimativa do potencial de erodibilidade está diretamente ligada com a forma do relevo da área de estudo, o qual proporcionou a verificação de 247354,43 ha, com erodibilidade de 0,065 esse valor se faz presente em cerca de 96,98% em Buriticupu sendo o valor majoritário. Observou-se ainda que valores entre 0,065 a 5,00 mostraram-se expressos em 5122,180 ha, sendo este valor referente a 2,008%. Os valores mais altos obtiveram percentuais abaixo de 1,00%.

Tabela 6. Fator LS de Erodibilidade encontrados no município de Buriticupu - MA

Grau de erodibilidade	Área em hectare	Área em %
0,065	247.354,426	96,978
0,065 a 5,00	5.122,180	2,008
5,00 a 7,00	2.161,579	0,847
7,00 a 10,00	314,734	0,123
10,00 a 12,00	89,074	0,035
12,00 a 14,00	19,364	0,008
14,00 a 16,14	2,361	0,001
Total	255.063,719	100,00

Fonte: Autora, 2023.

O fator LS (Figura 7) foram utilizados juntos para melhor estimar a perda de solo por meio dos índices geomorfométricos, nesse sentido a erodibilidade encontrada no município de Buriticupu apresentou o menor valor 0,065 e valor máximo 16,14, essa variação de potencial de erodibilidade está associada com a relação da geomorfometria presente no terreno. Foi possível analisar que a parte superior área de estudo está mais propensa a valores que estão entre 5,000 e 12,000. Outras áreas que também apresentaram o potencial a perda de solo foram as com proximidade aos leitos de rios. Diodato e Ribeiro (2020) afirmam que esse fator influencia diretamente no escoamento superficial, contribuindo para o aumento da erosão, principalmente em áreas de pouca ou nenhuma cobertura vegetal.

Figura 7. Mapa de Erodibilidade do fator LS do município de Buriticupu-MA

Fonte: Autora, 2023.

5.6. Declividade do município de Buriticupu-MA

A declividade da área de estudo segundo a classificação da Embrapa (1979) evidenciou que cerca de 21% do relevo é considerado como plano, porém, a classe de relevo com maior predominância foi a Suave-ondulado, a qual corresponde a 32,18% da área. A presença de relevo montanhoso ocupa 1,14% do território, a declividade também contribui para o avanço dos processos erosivos em uma região onde a variabilidade topográfica (Tabela 7).

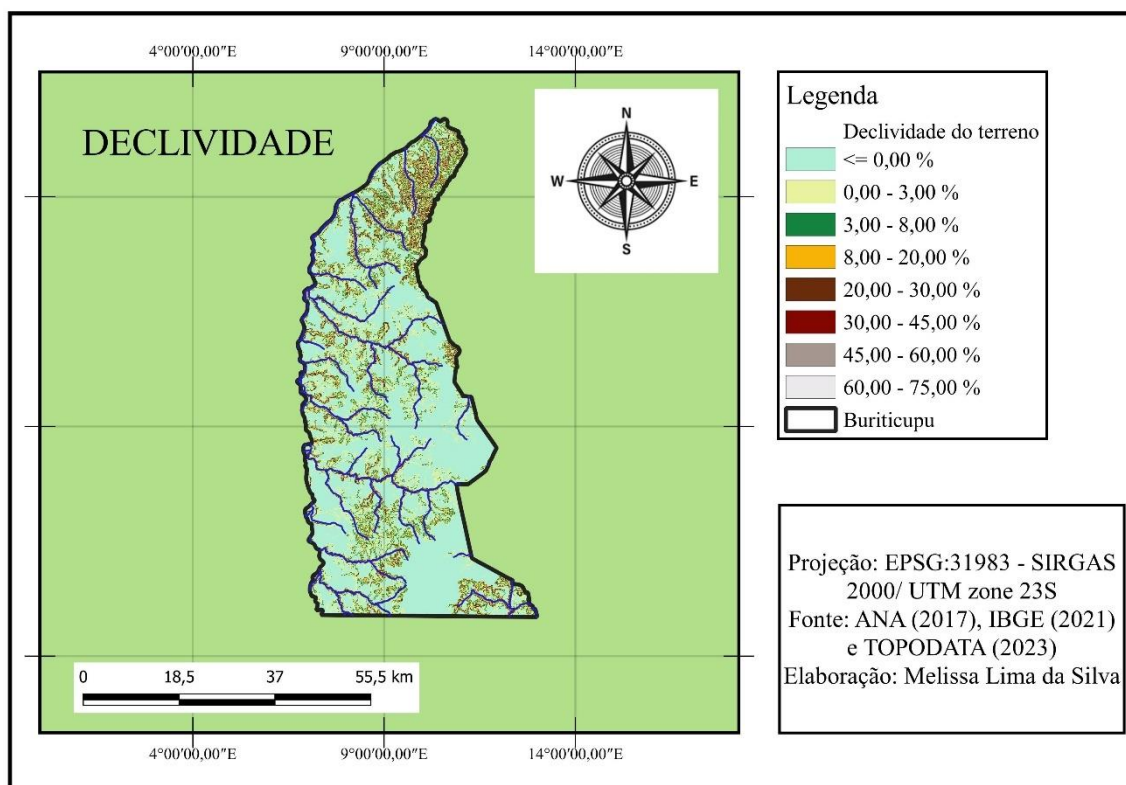
Tabela 7. Declividade encontrada no município de Buriticupu - MA

Declividade (%)	Relevo	Área em (ha)	Área em (%)
0 a 3	Plano	54.289,89	21,44
3 a 8	Suave-ondulado	81.486,46	32,18
8 a 20	Ondulado	71.251,64	28,14
20 a 45	Forte-ondulado	43.294,87	17,10
45 a 75	Montanhoso	2.875,97	1,14

Fonte: Autora, 2023.

Na distribuição espacial da declividade no município de Buriticupu (Figura 8) notou-se que boa parte do município possui áreas planas, contudo, é possível verificar que maiores declividades são evidenciadas, características de relevo suave ondulado, e ondulado. A declividade está diretamente ligada ao fator LS, visto que este fator depende das características da sinuosidade do terreno. Desse modo salienta-se ainda que quanto maior a declividade maior a erodibilidade aferida por meio do LS.

Figura 8. Mapa de declividade no município de Buriticupu - MA

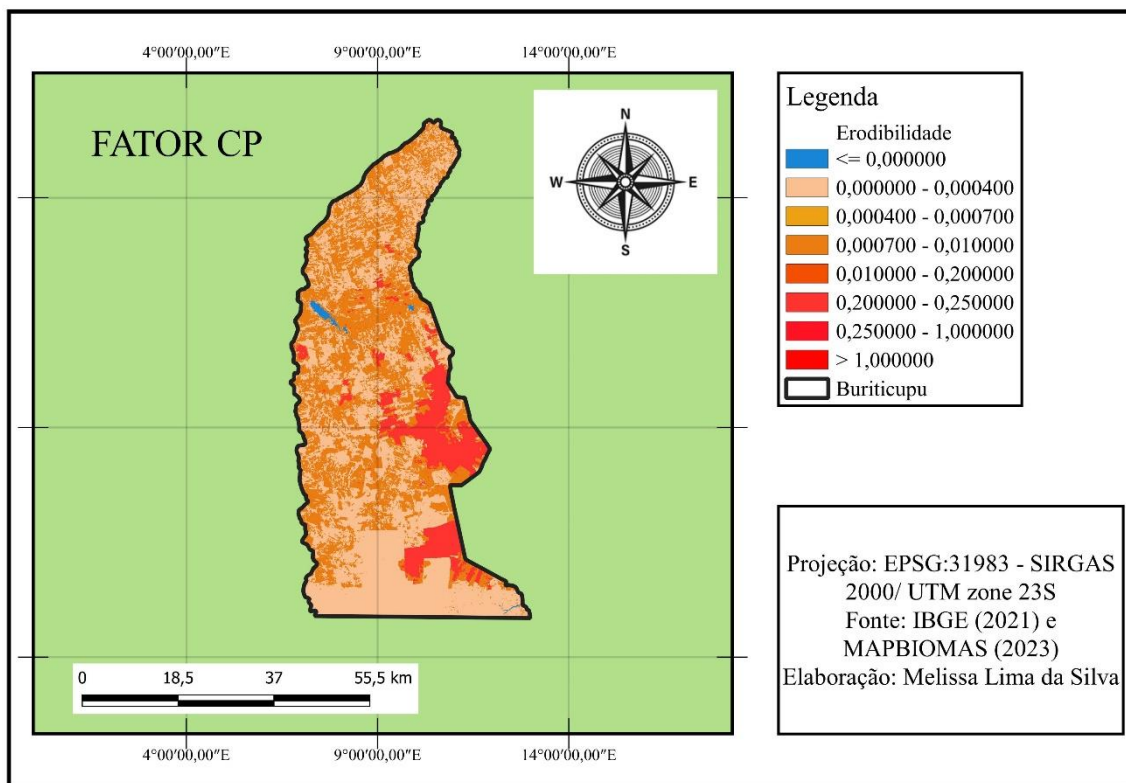


Fonte: Autora, 2023

5.7. Erodibilidade Fator CP

Ao analisar os valores encontrados para o fator CP (Figura 9) e desconsiderar o valor 0, que por sua vez representam os cursos d'água e áreas urbanas pois não sofrem com processos erosivos, pois é o valor mínimo obtido que equivale a vegetação densa, como florestas. Vegetações densas aplacam o contato da erosão provocada pelas gotas das chuvas no solo, dessa forma diminuem o impacto do escoamento superficial, e causando menos assoreamento das partículas do solo, fazendo com que a água infiltre mais rapidamente e a erosão hídrica seja diminuída na região. As áreas mais afetadas pelos processos erosivos foram justamente as das classes de influencia antrópica como as classes de pastagem e as lavouras temporárias que estão representadas pelas cores mais intensas no mapa, um dos motivos é a ausência de práticas de conservação do solo, em um dos estudos de Diodato e Ribeiro (2020) os autores abordaram a significância de se intensificar o avanço de práticas mais sustentável no uso do solo.

Figura 9. Mapa de Erodibilidade do CP no município de Buriticupu – MA



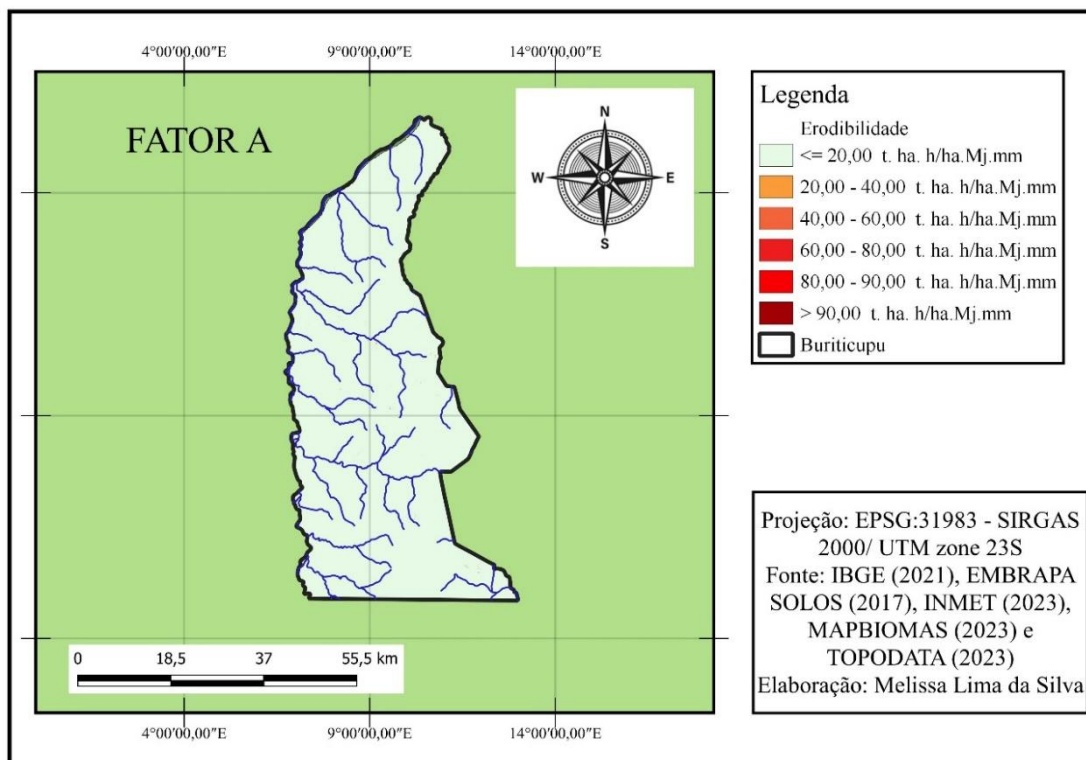
Fonte: Autora, 2023.

5.7.Erodibilidade Fator A

Na figura 10 observa-se o mapa de estimativa do fator A que é o resultado do produto de todos os fatores analisados neste estudo, percebeu-se que em 99,82% da área que corresponde ao município de Buriticupu a perda de solo esteve entre 0 a 20 t.ha.h/ha.MJ.mm o que é considerado baixa, em 0,15 % da área a erosividade variou de 30 a 50 t.ha.h/ha.MJ.mm, apresentando um índice moderado de erosão, em 0,0016 % da área do município a erosividade apresentou valores maiores que 80 t.ha.h/ha.MJ.mm categorizada como erosividade alta.

Diante de tais resultados atenta-se que mesmo a maior parte do município apresentando baixos valores de perda de solos existe um percentual que expressa um alto índice de perda de solo, ocasionando um nível de degradação muito grave como o surgimento de ravinas e voçorocas, principalmente nas áreas urbanas. A intensificação do processo de perda de solo nessas áreas está relacionado ao de manejo inadequado e a susceptibilidade dos solos do município a erosão hídrica. Para Fistarol e Santos (2020) o resultado dos fatores que corroboram traz um conjunto de informações sobre as características e a fragilidade de uma determinada região, os autores apontam a importância de zoneamentos a fim de contribuir para a gestão, conservação, e minimização dos impactos relacionados aos recursos naturais.

Figura 10. Mapa de Erodibilidade do fator A no município de Buriticupu – MA



Fonte: Autora, 2023.

6. CONCLUSÕES

O município de Buriticupu apresenta uma grande variabilidade no que se refere a precipitação, o que corrobora para a estimativa da erosividade do fator R que foi classificada como erosividade baixa, embora tenha apresentado índices que variariam de acordo com a região do município, obtendo os maiores valores nas regiões mais chuvosas. Os dois tipos de solos encontrados na região do município apresentaram valores muito altos no que se refere ao fator K de erodibilidade do solo, sendo caracterizados como solos com alta susceptibilidade a sofrerem processos de erosão. A perda de solo anual em algumas áreas do município foram muito altas, o que pode ter contribuído para o surgimento de voçorocas, gerando prejuízos tanto financeiros como ambientais.

Contudo salienta-se a importância da incorporação de técnicas de manejo adequadas para os tipos de solo do município, a cobertura do solo é uma maneira de se diminuir a velocidade do escoamento superficial que intensifica a ação da erosão hídrica em terrenos com topografia mais acidentadas, essa técnica é indicada para diminuir os índices de erosão em áreas de solo exposto como lavouras e pastagens, outra técnica indicada é implantação de barragens que minimiza os impactos da erosão no solo, é importante se considerar o solo como um recurso finito que necessita de conservação e o uso desenfreado promove alterações que podem ser em muitos casos irreversíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, H. P. F. **Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

AMUNDSON, R., BERHE, A. A, HOPMANS, J. W, OLSON, C., SZTEIN, A. E. E SPARKS, D. L. Soil and human security in the 21st century. **Science**, v.348, n. 6235, 2015.

AQUINO, D. N., LOPES, B. F., SANTOS, A. T., ANDRADE, E. M. A aplicação da USLE e SIG na estimativa da perda de solos em uma microbacia hidrográfica do semiárido do estado do Ceará. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 36., 2007**, Bonito. Anais [...] Mato Grosso do Sul: CONBEA, 2007.

BACK, Á. J., POLETO, C. Distribuição espacial e temporal da erosividade das chuvas no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.
BANDEIRA, I. C. N. Geodiversidade do Estado do Maranhão. Teresina, PI: CPRM, (Org.), 2013.

BARBOSA, A. F., DE OLIVEIRA, E. F., MIOTO, C. L., PARANHOS FILHO, A. C. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em Softwares Livres e Gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 38, n. 1, 2015.

BATISTA, M. D. R. P. J., CABRAL, P. Perda de solo no alto curso das bacias hidrográficas dos ribeirões Taquaruçu Grande e Taquaruçuzinho, Palmas (TO). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 01, p. 332-339, 2021.

BATISTA, R. A. W.; NERY, L. M.; MATUS, G. N.; SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C. Estimativa do fator de Erosividade do solo na região do Vale do Ribeira Paulista, Brasil. **Formação (Online)**, v. 28, n. 53, p. 441-460, 2021.

BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Editora Ícone, (3ª. ed.,)1990.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, Ícone, 1993. 355p.

BIGHETTI, P. S. W., CASTRO, R., BATTISTELLE, R. A. G., FUREGATTI, S. A. Análise dos fatores de influência dos processos erosivos, a partir do estudo da feição da Quinta da Bela Olinda, na cidade de Bauru/SP. In: **9º Congresso lusobrasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável (PLURIS 2020)**. Águas de Lindóia, SP. 2021.

BONZANINI, H. L.; LUPINACCI, C. M.; STEFANUTO, E. B. A Erosão linear e sua relação com a morfometria do relevo na alta Bacia do Rio Capivara–Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 04, p. 1947-1964, 2022.

BORGES, K. M. R. **Avaliação de susceptibilidade erosiva da Bacia do Rio Carinhanha (MG/BA) por meio da EUPS – Equação Universal de Perda dos Solos**. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado, 68p. 2009.

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

CAPOANE, V. Utilização do fator topográfico da RUSLE para análise da susceptibilidade a erosão do solo em uma bacia hidrográfica com pecuária intensiva do sul do Brasil. **Revista Geonorte**, v.8, p. 85-101, 2013.

CARELLI, L., LOPES, P. P. **Geoprocessamento como subsídio à análise ambiental: curvas de nível na geração dos mapas hipsométrico e de declividade da Bacia Olhos D’água em Feira De Santana–Bahia**, 2011.

CARVALHO, A. P. P.; GUERRERO, J. V. R.; SILVA, E. V. E.; PINTO, M. J. R.; VAZ, R. M. G. F. C.; PEREIRA, C. T.; MOSCHINI, L. E. Fragilidade Ambiental à Erosão em uma Bacia Hidrográfica Antropizada no Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 07-18, 2020.

CARVALHO, N. O. **Hidrosedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CARVALHO, N.O. **Hidrosedimentologia Prática**, 2ª ed. Interciência, Rio de Janeiro, Brazil. 599 p. 2008.

CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Sistema plantio direto: evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. Tópicos em Ciência do Solo. 19. ed. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p. 333-365.

CERDÀ, A., FLANAGAN, D. C., BISSONNAIS, Y. L., BOARDMAN, J. Soil erosion and agriculture. **Soil & Tillage Research**, 106, 107- 108, 2009.

CHAVES, H. M. L. **Estimativa da erosão atual e potencial no Vale do São Francisco**. In: **Relatório Final de Consultoria**. Brasília: CODEVASF – FAO, 35p. 1994.

CHAVES, H. M. L. Incertezas na predição da erosão com a USLE: Impactos e mitigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.2021-2029, 2010.

COE, M.T., LATRUBESSE, E.M., FERREIRA, M.E. & AMSLER, M.L. The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia river, **Brazil**. **Biogeochemistry**, 105, 119-31, 2011.

CUNHA, S. D. C, SALES, J. C. A, SIMONETTI, V. C, LOURENÇO, R. W. Análise espacial do custo de reposição de nutrientes do solo em uma bacia hidrográfica. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, p. 189-212, 2020.

DIAS, E. R.; SILVA, R. M. Estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena – Paraíba. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 54, p. 192-204, 2015.

DIODATO, J., RIBEIRO, V. Carta de susceptibilidade erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Curral de Arame, Dourados/MS. **Revista EIA**, v. 17, n. 34, p. 326-337, 2020.

DUARTE, M. L.; BRITO, W. B. M.; SILVA, T. A.; CASTRO, A. L. Padrões e causas do desmatamento no Baixo Acre, região oeste da Amazônia Brasileira. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 1, p. 117-127, 2020.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

FARIAS FILHO, M. S., DE MACEDO, L. T. D. S., LIMA SANTOS, A., CAMPOS, A. A. C. Processos erosivos urbanos e a qualidade dos corpos hídricos em Buriticupu, Maranhão. **Geografia em Atos (Online)**, v. 2, n. 9, p. 44-56, 2019.

FIGUEIREDO, C. H. U., CARVALHO, J. A., BATISTA, J. G., RIBEIRO, I. M. L., TORRES, H. Levantamento do potencial natural de erosão dos solos das áreas de pastagem e cafeicultura do município de Muniz Freire, Estado do Espírito Santo. **Cadernos Camilliani e-ISSN: 2594-9640**, v. 16, n. 3, p. 1547-1563, 2021.

FISTAROL, P. H. B., SANTOS, J. Y. G. Implicações das alterações no uso e ocupação do solo nas perdas de solo da bacia do Rio de Ondas, Estado da Bahia. **Okara: Geografia em Debate**, v. 14, n. 1, p. 81-103, 2020.

FLORES, C. A.; FASOLO, P. J.; POTTER, R. O. Solos: levantamento semidetalhado. In: FALCADE, I.; MANDELLI, F. Vale dos Vinhedos: caracterização geográfica de região. Caxias do Sul: **EDUCS**, 1999.

FRANCISCO, A. B. Mudanças na cobertura da terra e perdas de solo na Bacia do Ribeirão da Confusão em Rancharia-SP. **Revista UNG – Geociências**, V. 21, N. 1, 2022.

FRANCISCO, P. R. M. **Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB**. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2013.

FRONZA, F. L. **Determinação do potencial erosivo do solo nas bacias dos rios São Francisco Falso e São Francisco Verdadeiro, região oeste do estado do Paraná**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GALDINO, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do Alto Taquari –MS/MT**. 2012. p.115. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil, 2012.

GAMA, G. F. B., SILVA, J. B. L., SANTOS ROMÃO, K. C., ALMEIDA, T. H. M., PIRES, L. C., NEVES, F. M. Evolução temporal entre 1990 a 2013 no uso e ocupação do solo em Nova Viçosa, Bahia. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 1, p. 613-621, 2019.

GOMES, D. J. C., SOUSA, É. V. S., FERREIRA, N. S., COSTA, R. R., LOBATO, B. F. R., MORAIS DIAS, G. F. Vulnerabilidade à erosão hídrica do solo, bacia hidrográfica do rio Araguaia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 02, p. 816-833, 2021.

GOTTSTEIN, P., JUNIOR, M. A. B., ARANTES, E. J. Uso de sistema de informação geográfica para determinação do potencial erosivo de bacias hidrográficas: estudo de caso na bacia do Rio do Campo/PR. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 352-367, 2019.

GUEDES, F. C., VIEGAS, J. A., AGUIAR, M. C. P. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) na Bacia Hidrográfica Urbana do Córrego Carneirinhos, na cidade de João Monlevade–MG. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e40411730094-e40411730094, 2022.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geomorfologia: mapa geomorfológico do estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INÁCIO, E. D. S., CANTALICE, J. R., NACIF, P. G., ARAUJO, Q. R. D., BARRETO, A. C. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 355-360, 2007.

KUROWSKI, G. Aspectos gerais da erosão no Norte do Paraná, Boletim Paranaense, n. 6/7, p. 3-25, 1962.

LEITE, E. F., ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, p. 90-106, 2012.

LIMA, M. T. V., OLIVEIRA, C. W., MOURA-FÉ, M. M. Análise multicritério em geoprocessamento como contribuição ao estudo da vulnerabilidade à erosão no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 5, p. 3156-3172, 2021.

LOVRIC, N.; TOSIC, R. Assessment of soil erosion and sediment yield using erosion potential method: Case study - Vrbas river basin (B&H). **Bulletin of the Serbian Geographical Society**, Belgrade, v. 98, p. 1- 14, 2018.

MARTINS, J. C.; FERNANDES, R. Processos de degradação do solo – medidas de prevenção. **Revista vida rural**, p. 34-36, 2017.

MATA, C. L.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F.; GOMES, R. A. R.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F. Avaliação Multitemporal da Susceptibilidade Erosiva na Bacia do Rio Urucuia (MG) por meio da Equação Universal de Perda de Solos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 57-71, 2007.

McBRATNEY, A.B.; MENDONÇA SANTOS, M.L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v.117, p.3-52, 2003.

MEIRA, R. T.; SABONARO, D. Z.; SILVA, SILVA, D. C. C. Elaboração de Carta de Adequabilidade Ambiental de uma pequena propriedade rural no município de São Miguel Arcanjo, São Paulo, utilizando técnicas de geoprocessamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 77-84, 2016.

MELLO, N. G. R.; ARTAXO, P. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 66. p. 108-129, 2017.

MESQUISTA JÚNIOR, H. N. **Lições Aprendidas no Uso do Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informação Geográficas para a Gestão Pública das Florestas Brasileiras**. 2016. 69f. Monografia (Especialização em Gestão Pública). Escola Nacional de Administração Pública, Brasília – Distrito Federal, 2016.

MOTA, J. R., RODRIGUES, J. A. M., DE OLIVEIRA, L. F. C., VIOLA, M. Estimativa da vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio das Mortes (MG). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 1-14, 2021.

OLIVEIRA, J. D. A., MOURA, G. B. D. A., NASCIMENTO, C. R., LOPES, P. M. O., NÓBREGA, R. S. Avaliação de degradação e mudanças ambientais na bacia hidrográfica do alto ipanema. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 585-596, 2020.

OLIVEIRA, L. N., AQUINO, C. M. S. Análise dos fatores de erodibilidade e declividade na sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia, Piauí-Brasil. **Terr@ Plural**, v. 15, p. 1-14, 2021.

PANACHIKI, E. **Infiltração de água no solo e erosão hídrica, sob chuva simulada, em sistema de integração agricultura-pecuária**. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2003.

PARAHYBA, R., CAVALCANTI, A. C., LOPES, O. F., SILVA, F. H. B. B., LEITE, A. P., OLIVEIRA NETO, M. B., SANTOS, J. C. P. **Solos do Município de Maceió-AL**. 2008.

PEREIRA, E.R.R. **Índices Pluviométricos na Análise da Intensidade e Variabilidade Regional das Chuvas no Nordeste do Brasil**. 2014. 100f. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

PINTO, G. S., SERVIDONI, L. E., LENSE, G. H. E., MOREIRA, R. S., MINCATO, R. L. Estimativa das perdas de solo por erosão hídrica utilizando o Método de Erosão Potencial. **Revista do departamento de geografia**, v. 39, p. 62-71, 2020.

PRUSKI, F. F. Fatores que interferem na erosão hídrica do solo. Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2.ed. Viçosa, MG, **Universidade Federal de Viçosa**, p.41-74, 2009.

RIBEIRO, I. A. A. **Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG) em bacia de contribuição de reservatório para contenção de sedimentos de mineração**. 2022. 44 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

RODRIGUES, J. A. M., DE MELLO, C. R., VIOLA, M. R., RODRIGUES, M. C. Estimativa da vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Cervo–MG. **Geosciences= Geociências**, v. 36, n. 3, p. 531-542, 2017.

SANTOS DE MACEDO, L. T.; MORAES JÚNIOR, J. L. D. S.; LIMA SANTOS, A. D.; SILVA FARIAS FILHO, M. Mapeamento de voçorocas e do risco de erosão em área urbana no oeste do estado do Maranhão. **Revista GeoUECE**, [S. l.], v. 8, n. 14, p. 298–313, 2021.

SANTOS, C. G., DA SILVA, J., SANTOS, V. R., OLIVEIRA SANTOS, I. G., DOS SANTOS, S. B. T., LIMA ROCHA, J. J., SANTOS, M. A. L. Aplicação de modelos matemáticos para estimativa do índice de erosividade das chuvas em Água Branca–AL. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 89947-89964, 2020.

SANTOS, G. G., GRIEBELER, N. P., OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14 (2), 115-123, 2010.

SANTOS, M. G., LOBON, G. S., FERREIRA, N. C., SCALIZE, P. S. Análise evolutiva de processo erosivo acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia. **Revista Monografias Ambientais**, p. 38-48, 2015.

SILVA LUZ, C. C., SILVA NEVES, S. M. A., RAMOS, A. W. P., FREITAS, L. E. Avaliação da degradação ambiental a partir da perda de solo por erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Jauru-MT. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 1, 2020.

SILVA, A. M., SCHULZ, H. E. Redução do desprendimento das partículas do solo mediante uso de resíduos vegetais de origem urbana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (6), 531-534, 2002.

SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; CURI, N.; OLIVEIRA, P. M. Simulação da variabilidade espacial da erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica de latossolos no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Brasil, v. 5, n. 32, p.2125-2134, jan. 2008.

SIMONETTI, V. C, FRASCARELI, D., GONTIJO, E. S, MELO, D. S, FRIESE, K., SILVA, D. C, ROSA, A. H. Water quality indices as a tool for evaluating water quality and effects of land use in a tropical catchment. **International Journal of River Basin Management**, p. 1-12, 2019.

SOUSA, F. R. C., PAULA, D. P. Análise de perda do solo por erosão na bacia hidrográfica do Rio Coreaú (Ceará-Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 3, 2019.

SOUSA, M. L. M.; NASCIMENTO, F. R. Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista Colombiana de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 13-27, 2015.

SOUZA C., C. E. A., SOUZA, M. M., RAMOS, C. C., PROGÊNIO, M. F., ROSÁRIO, K. K. L., ROCHA, G. S. Determinação do fator de erosividade da chuva para o distrito de Marudá (PA). **Nature and Conservation**, v. 13, n. 4, p. 55-62, 2020.

SOUZA, F. L. P., CAMPOS LEME, M., CONCEIÇÃO SARTORI, A. A., MANZATO, C. L., CAMPOS, S. Geotecnologias na avaliação de perdas de solo. **IRRIGA**, v. 24, n. 3, p. 624-644, 2019.

STEIN, D.P.; DONZELLI, P.; GIMENEZ, A.F.; PONÇANO, W.L. LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar natural e antrópica na bacia do Peixe-Parapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 4, Marília, 1987. **Anais**, Marília, p. 105-135. 1987.

THOMAZINI, L. S., MOREIRA, E. S. Análise do uso da bioengenharia na contenção de erosões lineares: o caso da APA do Timburi, Presidente Prudente/SP. [Anais eletrônicos]. XIV **Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Campina Grande**, Paraíba, Brasil, 2021.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na Bacia do Rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia, Brasil**, v. 03, n. 57, p.235-244, jan. 2005.

TONIOLO, B. P., PAIXÃO, B. M., CUNHA, D. C., MEDEIROS, G. A., PECHE FILHO, A., RIBEIRO, A. Í. Análise espacial de perda de solo por erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiáí-Mirim-SP. **Guaju**, v. 7, n. 2, p. 209-236, 2021.

TOPODATA, **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. acessado em 27 de novembro de 2022 através do link <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>.

VANSAN, A.P., TOMAZONI, J.C. Uso de técnicas de geoprocessamento para estudo da erosão hídrica laminar em microbacia hidrográfica do sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física** 13, 1117-1131, 2020.

WISCHMEIER, W. H, SMITH, D. D. Prevendo perdas por erosão pluvial em terras cultivadas a leste das Montanhas Rochosas. **National Agricultural Library**, p. 44, 1965.