



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS**

**KARINA BEZERRA DE QUEIROZ**

**POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO E LIMITE DE TOLERÂNCIA DE  
PERDAS DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE DO  
NAMORADO**

**SUMÉ - PB  
2022**

**KARINA BEZERRA DE QUEIROZ**

**POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO E LIMITE DE TOLERÂNCIA DE  
PERDAS DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE DO  
NAMORADO**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.**

**Área de Concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos**

**Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos**

**Orientador: Prof. Dr. George do Nascimento Ribeiro.**

**Coorientador: Prof. Dr. Hugo Morais de Alcântara.**

**SUMÉ - PB  
2022**



Q3p Queiroz, Karina Bezerra de.  
Potencial natural de erosão e limite de tolerância de perdas de solo na Bacia Hidrográfica do Açude do Namorado. / Karina Bezerra de Queiroz. - 2022.

77 f.

Orientador: Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro; Coorientador: Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.

1. Erosão do solo. 2. Perdas de solo. 3. Semiárido Paraibano - erosão e perdas de solo. 4. Equação universão de perda de solos. 5. Degradação do solo. 6. Solos do semiárido - erosão e perdas. 7. Bacia Hidrográfica do Açude do Namorado. 8. São João do Cariri - PB - Açude do Namorado. 9. Potencial natural de erosão. 10. Geoprocessamento. 11. Geotecnologia. 12. Georreferenciamento. 13. Manejo de solos em bacias hidrográficas. I. Ribeiro, George do Nascimento. II. Alcântara, Hugo Morais de. III. Título.

CDU: 631.4(043.2)

**KARINA BEZERRA DE QUEIROZ**

**POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO E LIMITE DE TOLERÂNCIA DE  
PERDAS DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE DO  
NAMORADO**

Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro.  
Orientador – UAEB/CDSA/UFCG**

---

**Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara.  
Coorientador: – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Professor Dr. Paulo Roberto Megna Francisco.  
Examinador Externo – CTRN/UFCG**

---

**Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros.  
Examinador Interno – UATEC/CDSA//UFCG**

**Trabalho aprovado em: 31 de agosto de 2022.**

**SUMÉ - PB**

Ao meu Deus.  
A minha mãe, meu amor maior.  
Aos meus Professores.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por sempre me dar forças nos momentos mais difíceis e me permitir continuar na fé de dias melhores.

A minha mãe, pelo apoio e suporte na vida e nos estudos, aos meus irmãos por todo carinho e em especial a Anchieta pela dedicação e paciência comigo e a meu sobrinho Kaio Cesar por atender meus pedidos de socorro.

Gostaria também de agradecer ao meu orientador, Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro que foi mais que um professor-orientador, foi um amigo, defensor da minha pesquisa e que em todo tempo acreditou em mim, sempre me encorajou e sempre me colocou para cima, me ajudando a concluir esta etapa acadêmica com toda força.

Ao professor Paulo Megna por tantos ensinamentos, toda presteza, um amigo que quero levar para a vida.

Agradeço aos professores da banca, por terem tirado um tempo em suas rotinas para se dedicarem, lerem e corrigirem o meu trabalho, críticas construtivas são sempre bem-vindas.

Ao professor Hugo Alcântara, que nunca mede esforços para incentivar e ajudar os alunos sempre que solicitamos seu apoio.

Aos professores do programa ProfÁgua que de forma significativa contribuíram para minha formação acadêmica.

À minha turma de mestrado, formada por pessoas de garra e dedicadas, que não se abatiam com as adversidades.

À um amigo muito especial, Geneilson Evangelista por todo apoio nessa jornada, me incentivando e me resgatando nos momentos difíceis.

A EMPAER, pelo apoio e compreensão nas horas em que precisei me ausentar.

Ao apoio para realização deste trabalho por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, em nível de Mestrado, na Categoria Profissional, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

“Solitária no espaço, única em seus sistemas geradores de vida, carregada de energias incompreensíveis, que nos transfere por meio dos mais delicados mecanismos; instável, caprichosa, imprevisível, mas extremamente nutritiva, estimulante e enriquecedora – não é esta uma casa maravilhosa para nós, terrestres? Não é digna de nosso amor? Não merece toda a criatividade, coragem e generosidade de que sejamos capazes para preservá-la da degradação e da destruição, e assim agindo assegurarmos nossa própria sobrevivência? ”

Bárbara Ward e René Dubos. “Only one Earth”.

## RESUMO

Conhecer uma bacia hidrográfica, principalmente se for de clima semiárido é de fundamental importância para fins de gestão e planejamento de recursos hídricos; bem como para auxiliar o monitoramento de indicadores objetivando nortear as ações de proteção, recuperação e promoção do uso sustentável dos ecossistemas terrestres, orientando a gestão sustentável das florestas, com medidas de combate à desertificação, buscando deter e reverter a degradação do solo e a perda da biodiversidade. Neste contexto, o trabalho estimou o limite de tolerância de perda de solo e o potencial natural de erosão aplicado para a bacia hidrográfica do açude Namorado em região semiárida, foi adotada a metodologia, onde para a elaboração do mapa de declividade foi utilizado um mosaico digital do SRTM do quadrante, SB24ZD da área de estudo e a partir deles foram geradas as curvas de nível. Para gerar a grade triangular foi criada uma base de dados no programa SPRING 5.2 na projeção UTM/SAD69; foi realizado o fatiamento desta grade; com o estabelecimento dos limites de classes de declive, utilizando técnicas de geoprocessamento e a linguagem algébrica do SPRING para a modelagem dos dados. Os resultados retrataram com razoável fidelidade ao estado atual das terras da bacia e demonstraram que o limite de tolerância de perdas dos solos da classe muito alta ocorreram em 95,38% da bacia associada aos Luvisolos, Vertissolos, Planossolos, Neossolo Litólicos e Neossolos Flúvicos. O potencial natural de erosão da bacia a classe média variou entre 50 a 250 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em 63,89% da área, influenciado pela declividade média em áreas de ocorrência dos Luvisolos.

**Palavras-chave:** Risco de erosão. Erosão potencial. Geoprocessamento.



## ABSTRACT

QUEIROZ, Karina Bezerra de. **Natural erosion potential and soil loss tolerance limit in the river basin of Namorado dam.** 2022. 74f. (Dissertação), Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, PROFÁGUA, Universidade Federal de Campina Grande - Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – Sumé - Paraíba - Brasil, 2022.

Knowing a watershed, especially if it has a semi-arid climate, is of fundamental importance for the management and planning of water resources; as well as to assist in the monitoring of indicators aiming to guide actions for the protection, recovery and promotion of the sustainable use of terrestrial ecosystems, guiding the sustainable management of forests, with measures to combat desertification, seeking to stop and reverse soil degradation and loss of biodiversity. In this context, the work estimated the soil loss tolerance limit and the natural erosion potential applied to the Namorado reservoir watershed in a semi-arid region, the methodology was adopted, where a digital mosaic of the SRTM was used for the elaboration of the slope map. of the quadrant, SB24ZD of the study area was used and from them the contour lines were generated. To generate the triangular grid, a database was created in the SPRING 5.2 program in the UTM/SAD69 projection; slicing of this grid was performed; with the establishment of slope class limits, using geoprocessing techniques and the algebraic language of SPRING for data modeling. The results portrayed with reasonable accuracy the current state of the lands in the basin and demonstrated that the tolerance limit for losses of very high class soils occurred in 95.38% of the basin associated with Luvisols, Vertisols, Planosols, Litholic Neosols and Fluvic Neosols. The natural erosion potential of the middle class basin ranged from 50 to 250 Mg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> in 63.89% of the area, influenced by the average slope in areas where Luvisols occur.

**Keywords:** Erosion risk. Potential erosion. Geoprocessing.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> - Mapa de localização da área de estudo.....	35
<b>Figura 02</b> - Mapa de solos da área de estudo.....	37
<b>Figura 03</b> - Mapa de Erosividade média anual da chuva.....	45
<b>Figura 04</b> - Mapa de Declividade.....	47
<b>Figura 05</b> - Mapa de erodibilidade dos solos.....	50
<b>Figura 06</b> - Mapa do potencial natural à erosão - PNE.....	52
<b>Figura 07</b> - Mapa de limites de tolerância às perdas - LTP.....	53
<b>Figura 08</b> - Luvisolos em processo de perda da camada superficial.....	55
<b>Figura 09</b> - Açude do Namorado.....	55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> - Classes de declividade .....	38
<b>Tabela 02</b> - Correspondência entre classes de drenagem e permeabilidade.....	40
<b>Tabela 03</b> - Classes de erodibilidade dos solos.....	41
<b>Tabela 04</b> - Classes de erosividade da chuva.....	42
<b>Tabela 05</b> - Parâmetros para estimativa do PNE e do LTP.....	42
<b>Tabela 06</b> - Distribuição mensal média da precipitação e Erosividade.....	44
<b>Tabela 07</b> - Áreas das classes de vulnerabilidade a desertificação.....	48
<b>Tabela 08</b> - Parâmetros dos solos utilizados para estimativa e classificação da erodibilidade (Fator K).....	48
<b>Tabela 09</b> - Parâmetros dos solos utilizados para estimativa e classificação do LTP.....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AESA** – Agencia Estadual das Águas

**ANA** – Agência Nacional das Águas

**APP** – Área de Preservação Permanente

**CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

**CBH** – Comitês de Bacias Hidrográficas

**CDSA** - Centro de Desenvolvimento do Semiárido

**CERH** – Comitê Estadual de Recursos Hídricos

**CNRH** – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

**EMPAER** - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural

**EUPS** – Equação Universal de Perda de Solo

**Fator R** - Erosividade da chuva

**Fator K** - Erodibilidade do solo

**Fator LS** - Fator Topográfico

**Fator C** - Fator uso e manejo da terra

**Fator P** - Práticas conservacionista

**INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia

**ISSS** - International Society for the Systems Sciences

**LTP** - Limite de Tolerância de Perda

**LEGAL** – Linguagem Espaço-Geográfico baseada em Álgebra

**PNE** – Potencial Natural de Erosão

**PNMA** – Política Nacional do Meio Ambiente

**PNRH** – Política Nacional dos Recursos Hídricos

**RL**- Reserva Legal

**SIG** - Sistema de Informação Geográfica

**SINGREH** – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

**SPD** – Sistema de Plantio Direto

**SPRING** - Sistema Integrado de Geoprocessamento e Processamento de Imagens

**SRTM** - Shuttle Radar Topography Mission

**TES** - Taxa de Entrega de Sedimentos

**UFGC** - Universidade Federal de Campina Grande

**USDA** - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

**USLE** - Universal Soil Loss Equation

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo geral.....	17
1.1.2	Objetivos específicos.....	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>18</b>
2.1	PLANEJAMENTO E GESTÃO INTEGRADA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	18
2.1.1	Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba.....	20
2.1.2	Planejamento e gestão ambiental.....	21
2.1.3	Sistemas de informação georreferenciados como instrumentos de planejamento de bacias hidrográficas.....	23
2.2	O PROCESSO DE EROÇÃO DOS SOLOS.....	25
2.2.1	A degradação dos solos no Estado da Paraíba.....	27
2.2.2	Potencial natural de erosão.....	28
2.2.3	Produção e transporte de sedimentos.....	29
2.3	A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS (EUPS).....	31
2.4	O MANEJO DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	32
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>
	<b>APÊNDICES A – MAPAS.....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas modificam a harmonia das condições naturais ambientais, através de atividades com potencial de degradação levando ao processo de erosão acelerada. A erosão induzida é um fenômeno de enorme relevância por sua celeridade de ocorrência devido a ocasionar danos não só para as áreas agricultáveis, mas também para áreas alocadas para outras atividades ambientais, sociais e econômicas (PRUSKI, 2009).

A bacia hidrográfica do açude Namorado, localizada na região do Cariri Oriental, no Estado da Paraíba, representa uma unidade ecossistêmica e morfológica de estudo do bioma caatinga, permitindo dentre outros aspectos, segundo Jenkins, Peters e Rodhe (1994), avaliar os impactos das interferências antrópicas sobre os recursos hídricos.

De acordo com Sreedevi *et al.* (2013), o conhecimento de uma bacia hidrográfica de clima semiárido é de fundamental importância para o gerenciamento e gestão dos recursos hídricos.

As pesquisas que vêm sendo desenvolvidas na bacia hidrográfica do açude Namorado, em grande parte, têm procurado conhecer as particularidades daquele ecossistema, visando estabelecer as melhores formas de uso e práticas de manejo que possibilitem a recuperação de áreas degradadas e minimizem os impactos das atividades humanas sobre o ambiente. Neste contexto, o conhecimento das características dos solos que ocorrem na área da bacia coloca-se como fato relevante (CHAVES *et al.*, 2006).

A bacia hidrográfica não deve ser vista apenas com seus rios e afluentes, mas de uma forma sistêmica com todas as trocas de matéria e energia e atuando como fonte de integração na construção de uma visão do todo na natureza (BACCI; PATACA, 2008).

Para Couto (2015), o fator K (erodibilidade) é considerado um dos mais significativos para a compreensão do fenômeno erosivo. Técnicas indiretas para o cálculo de erodibilidade foram estabelecidas para determinação deste fenômeno nos solos, visto o longo período de tempo necessário para observações em condições naturais (BARBOSA *et al.*, 2019). Dentre as técnicas mais utilizadas para determinação indireta da erodibilidade dos solos, tem-se o fator K inserido na equação

USLE (DENARDIN, 1990). Esta equação possibilita realizar a previsão de perdas e o reconhecimento dos agentes relevantes causadores da erosão (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A erosividade da chuva (Fator R) está relacionada à sua intensidade, duração e frequência de ocorrência. Aumentando a intensidade da chuva aumenta o tamanho médio das gotas, a energia de impacto, bem como, o escoamento, aumentando a energia de transporte (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Este fator é afetado pelas propriedades intrínsecas do solo, como a textura, estabilidade de agregados, resistência ao cisalhamento, capacidade de infiltração de água e demais atributos químicos e orgânicos (BLANCO; LAL, 2008; MORGAN, 2005).

Tendo em vista o solo ser responsável pela resistência à erosão, a erodibilidade depende em grande parte também da posição topográfica, declive (Fator S) e da perturbação durante o cultivo (MORGAN, 2005).

A Linguagem Espaço-Geográfico baseada em Álgebra (LEGAL) realiza operações algébricas de mapas tanto em sentido matemático quanto cartográfico e espacial (FRANCISCO, 2010). É uma ferramenta que possibilita a realização de análises espaciais através de álgebra de mapas, podendo fazer simulações sobre os fenômenos do mundo real (CÂMARA *et al.*, 1996).



## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 Objetivo geral

Estimar o limite de tolerância de perdas dos solos (LTP) da bacia hidrográfica do açude Namorado, e o potencial natural de erosão (PNE) utilizando os Fatores K, R e S através do uso de técnicas de geoprocessamento.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar, através do modelo EUPS, a erosão hídrica para a bacia hidrográfica;
- Estimar dados quantitativos do potencial natural de erosão e limite de tolerância de perdas de solo;

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Bacia hidrográfica é uma área de captação de água que converge para um único ponto de saída, nela há uma interação de diversos fatores como topografia, vegetação, material de origem e clima (BRIGANTE; ESPINDOLA, 2003).

Moraes (2003) esclarece que, para que não seja comprometido o equilíbrio, a resiliência e a potência entrópica e também com o propósito de um gerenciamento globalizado e interdisciplinar, que proporcione formas de planejamento e manejo adequado a realidade local, criando mecanismos de comunicação entre os diversos seguimentos do ecossistema, justificando assim a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e estudo.

Segundo Lopes (2018), o tamanho de uma bacia hidrográfica, fica evidenciado como instrumento de gestão dos recursos hídricos em bacias de menor tamanho, no estudo de parâmetros, facilitando assim a gestão e a tomada de decisões visando a sustentabilidade e a recuperação das áreas degradadas.

No Brasil essa concepção de unidade territorial para o planejamento de recursos hídricos, se destacou no cenário das políticas hídricas no início dos anos 1990, quando ocorreu a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente de 1992, sendo apresentada uma nova dinâmica de gestão; porém a bacia hidrográfica só é definida como unidade de planejamento e gestão das águas, com a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 (CASTRO, 2012; PORTO; PORTO, 2008; WMO, 1992).

Rodriguez *et al.* (2011) afirmam que essa visão, contribui com a perspectiva de integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão-ambiental, esse olhar para o planejamento ambiental integrado, é o resultado da alteração de diversos fatores, em primeiro momento modificando conceitualmente o enfoque no manejo das águas e posteriormente o entendimento contextual de bacia hidrográfica.

De acordo com Peres e Chiquito (2012), o surgimento de novos atores sociais e sua participação nas decisões dos problemas hídricos nas esferas regionais e locais, ocorreu com a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas – CBH, facilitando a abertura de espaços institucionais para os Estados brasileiros, promovendo a

integração de órgãos e entidades governamentais e não governamentais que antes atuavam de forma isolada.

Para garantir ampla participação dos envolvidos no processo de tomada de decisão, a gestão hídrica deve abordar a água como um todo, avaliando as contribuições e ponto de vista de todas as partes (JEFFREY; GEAREY 2006; GIORDANO; SHAH 2014; JACOBI *et al.*, 2015).

Assim, de acordo com a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2011), os CBH são organizações que se diferem de outros tipos com participação prevista em políticas públicas, tendo como atribuição legal, definir a gestão da água, fazendo isso de forma compartilhada com os poderes, de modo que, com força de Estado toma decisões sobre um bem público, decisões estas que, devem ser cumpridas através de regras que são postas em prática pelos órgãos gestores de recursos hídricos.

Ainda para a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2019), o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH que instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional através da Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, institui 12 Regiões hidrográficas brasileiras, que são compostas por bacias, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas próximas, com semelhanças sociais, econômicas e naturais, com o intuito de nortear o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos no país, ainda de acordo com essa mesma fonte, 10 dessas Regiões possuem CBH interestaduais.

Garcia (2011), assegura que problemas relacionados a demanda hídrica podem ser amenizados com o planejamento dos recursos hídricos, que é o principal instrumento no gerenciamento do mesmo.

Sendo assim compreender o sistema hídrico como um todo, bem como o desenvolvimento da gestão e seu comportamento, têm grande importância para os estudos de sustentabilidade no meio, considerando as relações antrópicas, econômicas e socioambientais (ROCHA *et al.*, 2014).

### **2.1.1 Bacias hidrográficas do Estado da Paraíba**

De acordo com as informações da AESA (2021), o Estado da Paraíba está dividido em onze bacias hidrográficas, dessas, cinco são de domínio federal; Rio Guaju; Rio Piranhas; Rio Curimataú; Rio Jacu; e Rio Trairi.; a bacia do Rio Piranhas é dividida em seis sub-bacias (Rio do Peixe, Rio Piancó, Rio Espinharas, Rio Seridó, Alto Piranhas e Médio Piranhas); igualmente a Bacia do Rio Paraíba que foi dividida em quatro sub-bacias (Rio Taperoá, Alto Paraíba, Médio Paraíba e Baixo Paraíba).

De acordo com a Resolução nº 3/2003 do CERH as áreas de atuação dos comitês da Paraíba: Bacia do Rio Paraíba, Litoral Sul, Litoral Norte e as Sub-Bacias Hidrográficas dos Rios Piancó e Peixe.

Atualmente o Estado da Paraíba conta com quatro Comitês: Rio Paraíba, Litoral Sul, Litoral Norte Piranhas Açú; sendo assim o comitê interestadual da bacia do Rio Piranhas Açú ficou responsável pelas sub-bacias dos Rios do Peixe e Piancó (ÁGUAS DA PARAIBA, 2021).

Ainda de acordo com o Portal Águas da Paraíba (2021), os 85 dos 223 municípios estão parciais ou totalmente inseridos na área de abrangência do comitê do Rio Paraíba, muitos são os conflitos que ocorrem nesse rio: águas contaminadas, erosão generalizada, esgotamento da capacidade produtiva do solo, entre outras; visando amenizar os conflitos e melhorar a gestão, foi instituído pelo Decreto Estadual nº 27.560 em setembro de 2006 o CBH do Rio Paraíba.

Conforme dados da AESA (2021), a segunda maior Bacia Hidrográfica do Estado é a do Rio Paraíba, tem uma área de abrangência de 38% do território com um alcance de 52% da população é considerada uma das principais bacias do semiárido nordestino. Como ressalta a Agência, com a injeção de recursos Federais e Estaduais foram construídos vários açudes, que atendem as populações, rebanhos, irrigação e pesca sendo as principais fontes de água na região.

Conforme informações da AESA (2021), dos 223 municípios paraibanos, 51 estão inseridos completos ou parcialmente na área de abrangência do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte, onde muitos conflitos ocorrem principalmente os relacionados a destruição das próprias bacias e a atividades extrativistas que devido a falta de um acompanhamento continuado por parte dos órgãos vem causando o aumento do assoreamento das bacias. Neste sentido, a Agência enfatiza

ainda que, este comitê atenderá e será regido por seu regimento interno abrangendo as Bacias Hidrográficas dos Rios Mamanguape, Camaratuba e Miriri.

### **2.1.2 Planejamento e gestão ambiental**

Processo em que se coleta, organiza e analisa informações, o planejamento ambiental dispõe de métodos e procedimentos específicos, para que se possa fazer escolhas e tomar decisões a respeito da melhor utilização dos recursos naturais disponíveis (SANTOS, 2004).

No Planejamento Ambiental sob a perspectiva geossistêmica, busca a integração dos meios físico, biótico e antrópico, assim a paisagem que é observada no presente é resultado de ações do passado e com certeza será diferente no futuro e todas as mudanças dependem das ações do presente, dos modelos adotados na organização do espaço e seu progresso ao longo do tempo (BARROSO; TREVISAN; WOLF, 2015; FERREIRA; SALLES, 2016).

O principal marco para a política ambiental no Brasil é a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), que inova ao apresentar estratégias de abordagens que conciliam produção e meio ambiente, instigam a participação da sociedade civil e gestores das esferas públicas nas decisões pertinentes a temática ambiental, além de utilizar diversos instrumentos de gestão (FERREIRA; SALLES, 2016; GASS; VERDUM, 2016),

O uso da bacia hidrográfica no planejamento ambiental é uma ferramenta estratégica, utilizada por pesquisadores no mundo todo, busca de forma preventiva amenizar os problemas socioambientais propondo ações de conservação da biodiversidade fundamentada na dinâmica regional e ambiental (OLIVEIRA *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2017).

Neste contexto, podem ser usados como indicadores ambientais os parâmetros morfométricos, os mesmos servirão como instrumentos de planejamento e gestão das bacias, proporcionando uma melhor relação entre o meio antrópico e o meio físico biótico, sendo possível um melhor aproveitamento dos recursos naturais (RODRIGUES; NEVES; NEVES, 2014).

De acordo com Silveira (2005), a morfometria permite conhecer a dinâmica fluvial e as associações entre os meios físicos e bióticos de uma bacia. Os parâmetros morfométricos possibilitam a precaução de eventos hidrometeorológicos como

estiagens e enchentes, contribuindo com a prevenção da degradação ambiental e assim facilitam a gestão (BARROS; MAGALHÃES JÚNIOR; RAPOSO, 2010).

Para Costa, Bursztyn e Nascimento (2009), a Lei das Águas através da inserção das ferramentas, princípios e fundamentos, ocasionou modernidade e inovação na gestão dos recursos hídricos. A gestão compartilhada focada na descentralização e na sustentabilidade, devem ser implantadas nos modelos tanto estaduais, quanto federal nas bacias hidrográficas (LEAL, 2004).

Para Lanna (2003), os instrumentos de gestão podem ser classificados nas seguintes categorias:

- Ferramentas legais de articulação com a sociedade e institucionais;
- Ferramentas de planejamento;
- Ferramentas de informação.

De acordo com Tundisi (2008), a gestão da água deve ser clara, de forma que garanta o acesso das informações a sociedade e possibilite a construção e consolidação de um banco de dados a nível de bacia hidrográfica. Nesse contexto devem ser desenvolvidos meios efetivos de acesso as informações, oferecendo conteúdos atualizados e educativos (JACOBI; FRACALANZA, 2005).

Na gestão das águas deve se garantir espaços de participação pública, assim como é importante que haja contribuições dos diversos atores sempre procurando definir papéis e responsabilidades (JACOBI; BARBI, 2007).

De acordo com Abers e Keck (2004), a efetivação do papel dos Comitês de Bacias (CBHs) é de fundamental importância para que as ações de colaboração interna e externa, venham a contribuir com a formação de redes entre a sociedade civil e organizações governamentais.

Os componentes do sistema de gestão devem promover a articulação das diversas esferas governamentais, entre tanto a falta de implementação dos instrumentos da PNRH e o déficit institucional dificultam a gestão pelos CBHs e demais componentes do SINGREH (JACOBI; BARBI, 2007). Ainda de acordo com os autores os CBHs representam a descentralização da gestão.

As utilizações das ferramentas de gestão possibilitam uma vasta participação ao ponderar e considerar diversas opiniões, permitindo também o acesso rápido, sistematizado e simplificado as informações da bacia hidrográfica (SILVA; PORTO, 2003).

De acordo com Leal (2012) o Plano de Recursos Hídricos é sem dúvidas o principal instrumento para gestão das águas, a sua elaboração e implantação busca construir com os atores envolvidos um pacto pelas águas.

Os instrumentos de gestão são implementados de forma independentes e complementares, por ser um processo de reorganização social que necessita participação e aceitação dos entes envolvidos para a construção de uma convivência harmoniosa entre os órgãos gestores (PEREIRA; JOHNSON, 2005).

Para uma nova perspectiva na gestão dos recursos hídricos é necessária uma mudança de paradigma, considerar a bacia hidrográfica de forma ecossistêmica e observar o ciclo hidro social com o objetivo de descentralizar e garantir a participação dos usuários como um dos eixos da governança das águas (PEREIRA; JOHNSON, 2005).

### **2.1.3 Sistemas de informação georreferenciado como instrumento de planejamento de bacias hidrográficas**

As técnicas do geoprocessamento possibilitam uma observação do todo e uma análise mais apurada do ambiente em estudo (CARELLI; LOPES, 2011).

Para Moura (2016), geoprocessamento são conceitos e técnicas representados de forma computacional onde são tratadas as informações geográficas, onde importantes instrumentos fazem parte, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um deles, nele podemos acessar informações georreferenciadas em um banco de dados espaciais.

Fitz (2008) define SIG como um conjunto de programas computacionais, que constituem um sistema que reúne equipamentos, pessoas e dados com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar elementos obtidos de um plano real, espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas.

O SIG para Rodrigues (2015) utiliza basicamente dois tipos de dados geográficos que são vetores e matizes (raster), onde sua capacidade analítica se destaca.

Segundo Moura (2014) os SIG não se limitam tão somente ao armazenamento e conversão de dados, com os avanços é possível ao usuário

trabalhar as relações espaciais entre os dados; cenários, prognósticos e modelos são elaborados nos diferentes tipos de análises.

Nesse contexto, os Sistemas de Informações Geográficas vem sendo cada vez mais utilizados, contribuindo de forma significativa na análise das características e cenários como em áreas de bacias hidrográficas (PIROLI, 2015).

Diversas Informações digitais estão disponíveis para acesso gratuito na internet, com esses dados é possível delinear redes de drenagem, mapear áreas, delimitar bacias hidrográficas, acessar imagens de alta resolução por sensoriamento remoto, que facilita avaliar, comparar e atualizar as informações da superfície terrestre (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

No ambiente do SIG pode ser armazenado muitas informações, nesse contexto Câmara (1993) assegura que os SIG são sistemas com função de integrar, em uma única base de dados, elementos espaciais derivados de dados cartográficos, imagens de satélites, censo e cadastros urbanos e rurais, modelos numéricos de terreno; e com a combinação dessas diversas informações através de algoritmos de manipulação, gerar múltiplos mapeamentos.

A integração das tecnologias de geoprocessamento com a Equação Universal de Perda de Solo EUPS, facilita a dinamização de tarefas que anteriormente eram realizadas de forma manual, possibilitando maior eficiência nas análises complexas com extensos bancos de dados, além de permitir a espacialização dos resultados da modelagem, sendo possível identificar as áreas de maior degradação para as intervenções (ASHIAGBOR *et al.*, 2013; OLIVEIRA; SERAPHIM; BORJA, 2015; ALI; HAGOS, 2016; BELASRI; LAKHOULI, 2016; BARROS *et al.*, 2018; PHAM; DEGENER; KAPPAS, 2018).

Fazem parte do SIG diversos software entre eles o SPRING denominado Sistema de Processamento de Informações Georreferenciais, o mesmo utiliza a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), um editor e executor de uma linguagem de álgebra de mapas, onde podemos realizar métodos de ponderação, fatiamento e operações booleanas, podendo o usuário programar e executar uma amostra espacial relacionada a sua área de estudo (FELGUEIRAS, 2006).



## 2.2 PROCESSO DE EROSÃO DOS SOLOS

Araújo *et al.* (2014), relatam que o processo erosivo é consequência das modificações das paisagens naturais desconsiderando as características locais. Esses mesmos autores advertem que os riscos da potencialização desses processos erosivos decorrem tanto dos aspectos naturais, quanto das ações antrópicas, climáticas e físicas desses locais.

A ocorrência do processo erosivo provoca a redução da fertilidade do solo, os sedimentos que são removidos contribuem de forma significativa com a contaminação da água, além disso, causam o assoreamento dos rios e reservatórios reduzindo assim sua capacidade de armazenamento, implicando na ocorrência inundações no período de chuvas intensas (SOCO, 2009).

Em decorrência dos processos erosivos que contribuem ativamente para a degradação dos solos em várias partes do mundo, se faz necessário o monitoramento desses processos, de forma a compreender o quanto a capacidade produtiva dos solos está sendo afetadas, de tal modo que possam impactar na segurança alimentar do planeta (MANTOVANI *et al.*, 2018; RICKSON *et al.*, 2015).

Estima-se que no planeta 30% dos solos estão degradados, apesar da erosão ser um processo natural, as atividades humanas têm intensificado essa ação (FAO, 2021).

Os processos de degradação dos solos, nas regiões semiáridas são mais ofensivos, por conta dos solos rasos e pedregosos (GUIMARÃES; VALADARES; MARTINS, 2016). Nesse contexto, em consonância com Lespsch (2002), as práticas de conservação e a busca em manter as características do solo tem a finalidade de diminuir as perdas e os impactos sobre o mesmo.

O processo erosivo está atrelado pela erosividade, erodibilidade, proteção vegetal e formação do relevo (DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2019). No entanto nas últimas décadas a atividade humana tem acelerado essa ação, com o uso e ocupação desordenado dos solos (SOUSA; PAULA, 2019; VANSAN; TOMAZONI, 2020).

A principal forma de degradação do solo no mundo é a erosão hídrica, ela afeta diretamente a produção de alimentos, bem como, a continuidade de outras atividades do solo (FAO, 2017). Essa forma de erosão em áreas produtivas, provoca a diminuição da produtividade agrícola, redução no armazenamento de água,

assoreamento e poluição dos cursos d'água (BESKOW *et al.*, 2009; AVANZI *et al.*, 2013; POSTHUMUS *et al.*, 2015).

As perdas totais de solo ocorridas em decorrência do processo de erosão hídrica no Brasil recentemente, chegam a aproximadamente 850 milhões Mg ano<sup>-1</sup> (MERTEN; MINELLA, 2013). Esses processos são causadores de gigantescos impactos na produção, uma vez que removem as camadas mais férteis dos solos reservados para os cultivos, além do mais se observa outros efeitos colaterais como o assoreamento e a poluição de corpos d'água que margeiam essas áreas (PÓSTUMO *et al.*, 2015).

As atividades agrícolas sofrem muitos prejuízos devido a esse fenômeno, que se caracteriza por soltar, transportar e depositar de sedimentos nas camadas superficiais dos solos, isso acontece devido à ação do escoamento superficial da água da chuva (ASHIAGBOR *et al.*, 2013; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014; DECHEN *et al.*, 2015; BELASRI; LAKHOUILI, 2016; BARROS *et al.*, 2018).

Bertoni e Lombardi Neto (2005) afirmam que fatores como infiltração, topografia do terreno, cobertura vegetal e à natureza do solo; influenciam na intensidade do processo erosivo. Avaliar a perda de capacidade de armazenamento de água dos reservatórios pela deposição dos sedimentos, calcular a perda potencial de solo em terras cultivadas e poder estimar com precisão a erosão causada pela chuva é de suma importância (AMORE *et al.*, 2004).

Entre todos os tipos de erosão dos solos, a hídrica é a que tem mais relação com o transporte e deposição de sedimentos, principalmente em áreas com alto índice pluviométrico, onde as gotículas de chuva ocasionam maior impacto com o solo (SOUSA; PAULA, 2019; VANSAN; TOMAZONI, 2020). O processo de revolvimento dos sedimentos do solo através do potencial das gotas de chuva, favorece o escoamento superficial e conseqüentemente o surgimento da erosão (TAVARES FILHO, 2016; MORAIS; SILVA, 2020).

Por possuírem solos jovens, pouco desenvolvidos ou rasos, desprotegidos pela rotineira retirada de sua cobertura vegetal, principalmente para implantação de pastagens, os solos das regiões semiáridas são os que mais sofrem com os impactos da erosão hídrica (AGUIAR *et al.*, 2006), essas áreas de caatinga desempenham papel de grande importância ecológica como sumidouro de carbono, que absorvem e capturam o dióxido de carbono da atmosfera (SILVA *et al.*, 2017).

No semiárido devido à alta incidência de radiação solar e altos níveis de evapotranspiração transformar a maior parte da precipitação pluviométrica (SILVA *et al.*, 2017), onde valores extremos de chuvas são registrados devido a elevada sazonalidade (SANTOS *et al.*, 2017), tendo como consequência o aumento do escoamento superficial.

Carvalho, Brumatti e Dias. (2012) e Coutinho *et al.* (2015) reforçam a que nas bacias hidrográficas são de grande importância o estudo das precipitações pluviométricas para o balanço hídrico regional, pois fatores de grande relevância como infiltração e escoamento são fundamentais para conservação dos recursos hídricos e estes estão ligados, sofrendo interferência direta dos eventos climáticos extremos, os processos erosivos são influenciados pelas variações hidro climáticas (BALBINOT *et al.*, 2008; LICCO; MAC DOWELL, 2015).

### **2.2.1 Degradação dos solos no Estado da Paraíba**

Constantemente o equilíbrio ecológico do solo vem sendo afetado por ações antrópicas causadoras de degradação e diminuição da qualidade ambiental (CHAER; TOTOLA, 2007).

São gravíssimas as consequências ambientais causadas pela degradação dos solos, seu maior dano é sem dúvida a redução da sua fertilidade (SAMPAIO; ARAÚJO, 2005). Ainda de acordo com o autor, os solos com cobertura vegetal deficiente está mais propenso a ocorrência da erosão, assim o aumento da produção sem a reposição dos nutrientes perdidos causa a diminuição de sua capacidade produtiva.

No Estado da Paraíba a degradação dos solos está em diferentes níveis e formas, dentre as principais que tiram a sua proteção destacam-se: a mineração, o superpastejo pela pecuária, essas atividades expõem o solo ao processo de erosão; bem como, a utilização de sistemas de irrigação inadequados que com seu uso contínuo causam a salinidade do solo e a ausência de práticas conservacionistas (PROGRAMA DE AÇÃO ESTADUAL, 2011).

Dois terços da área total do Estado da Paraíba está inserido no ecossistema caatinga, tendo abrangência nas regiões do Sertão, Cariri, Seridó e Curimataú (MELO; RODRIGUEZ, 2003; WWF-BRASIL, 2008).

Com o uso inadequado e insustentável da caatinga, a exposição do solo nu causa a formação de uma crosta superficial devido o choque direto das gotas da chuva que aumentam o escoamento, diminuindo a infiltração da água e a chance de estabelecimento de cobertura vegetal. (GALINDO *et al.*, 2008). Desta forma, a vegetação desempenha papel fundamental na contenção do processo de degradação e a retirada da cobertura vegetal natural causa alterações físicas, químicas e biológicas no solo (CHAER *et al.*, 2009).

A desertificação é definida como um fenômeno causado pela degradação dos solos em áreas úmidas, semiáridas e subúmidas secas, são resultados de diversos fatores entre eles as variações climáticas e as ações humanas (ONU, 1995).

A Paraíba possui 93,27% de seus municípios em áreas degradadas susceptíveis a desertificação, perfazendo um total de 208 dos 223 municípios, dos quais 150 estão em áreas semiáridas (ALVES; SOUZA; NASCIMENTO, 2009).

De acordo com Barbosa, Pereira e Araujo (2005) do território paraibano 63,54% encontram se em processo de desertificação em estágios moderados ou severo, os maiores índices de degradação estão na Mesorregião da Borborema, mais precisamente no Cariri Oriental e Ocidental e Seridó.

Segundo o Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil (BRASIL, 2004), atrelado aos aspectos naturais vem os meios de utilização dos solos nas terras paraibanas, fazendo com que a desertificação esteja presente nas paisagens do Estado, ameaçando a qualidade de vida de milhares de pessoas que ali vivem.

### **2.2.2 Potencial natural de erosão**

Potencial Natural de Erosão (PNE) ou suscetibilidade a erosão é característica de uma determinada área, independente do seu uso, cobertura e manejo (ACCIOLY *et al.*, 2010). Para Brandão (2001), essa grandeza indica onde ocorrerá maior ou menor erosão, sem considerar os fatores antrópicos, naturais e práticas de conservação.

O PNE permite a interpretação dos riscos de erosão que pode ocorrer em função dos fatores do meio físico, quando apresentado em forma cartográfica (SILVA *et al.*, 2007).

As avaliações do PNE podem ajudar para um melhor uso e ocupação das áreas propensas a erosão, impedindo a ocorrência de desastres como enchentes e deslizamentos de terra (PEDRO; LORANDI, 2004).

De acordo com Boardman, Wardlaw e Nestell (2009), a estimativa de riscos de erosão tem sido realizada pela aplicação de um dos modelos matemáticos disponíveis. A abordagem considera três fatores que estão ligados a erosão: o clima, relevo e o solo (GRIMM; JONES; MONTANARELLA, 2002).

Segundo Bueno e Stein (2005), o PNE é a interação dos principais fatores naturais do meio físico. Os mesmos autores asseguram que os valores não devem ser analisados quantitativamente, pode ser feita uma classificação qualitativa observando os graus de potenciais erosões. Ainda de acordo com os autores o Potencial Natural de Erosão é medido com a utilização de fatores relacionados com o meio físico (erosividade da chuva, erodibilidade do solo e fator topográfico) da USLE, os fatores pertinentes ao meio antrópico são desconsiderados.

O modelo da PNE sugerido por Bueno e Stein (2005), nos traz PNE – potencial natural de erosão em  $[t/ha]$ ; R – fator erosividade da chuva  $[MJ\ mm/(ha\ h)]$ ; K – fator erodibilidade do solo  $[(t\ h)/(MJ*mm)]$ ; LS – Fator Topográfico (adimensional).

### **2.2.3 Produção e transporte de sedimentos**

Para Carvalho (2008), pequenas partículas que são resultantes de rochas, solos ou matérias biológicas, provenientes de processos físicos ou químicos são chamados de sedimentos, estes podem ser levados pelas águas ou pelo vento de seu local de origem para os espaços onde ficam depositados, podem ser expressos em metros cúbicos ( $m^3$ ) ou em toneladas (t).

Na bacia a produção de sedimentos pode ser classificada em três compartimentos: os interflúvios, que são as áreas que captam e produzem sedimentos ficando na parte mais elevada da bacia hidrográfica; os leitos, que são as áreas de escoamentos e as planícies aluviais, que recebem os sedimentos produzidos a montante (BORDAS; SEMMELMANN, 2001)

De acordo Vestena (2008), os sedimentos que resultam dos processos de erosão, dependendo da topografia da bacia hidrográfica e da granulometria do material, podem variar ao serem transportados pelo escoamento superficial das águas

das chuvas, de acordo com os tipos de matérias, que são classificados em três tipos: sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão e carga sólida de arrasto.

Para Christofolletti (1981), dependendo dos períodos secos ou chuvosos varia a concentração dos sólidos dissolvidos. Já para Carvalho (2008) o transporte de sedimentos ocorre em maior proporção em períodos chuvosos de maior precipitação, podendo corresponder por até 90% dos sedimentos transportados na bacia.

Ainda de acordo com Christofolletti (1981), para a concentração dos sólidos dissolvidos transportados pelo canal de drenagem e a vazão, constatou se uma relação inversamente proporcional onde nos períodos chuvosos a concentração diminui com o aumento da vazão em razão das chuvas e o inverso acontece no período da seca com a redução da vazão aumenta a concentração.

De acordo com Carvalho (2008), o transporte de sedimentos ocorre em consequência dos fluxos dos canais de drenagem, geralmente silte e argila são os principais componentes sólidos transportados em suspensão.

Para Christofolletti (1981), de acordo com a velocidade do fluxo ocorre o transporte dos sedimentos em suspensão, sendo assim quanto maior a velocidade mais ocorrerá transporte de sedimentos e quando essa velocidade diminui o sedimento em suspensão é depositado, sendo assim existe uma relação diretamente proporcional entre a vazão do fluxo de drenagem e o transporte de sedimentos em suspensão.

A carga sólida de arrasto são sedimentos que rolam ou escorregam no leito do rio, geralmente possuem maior granulometria (CARVALHO, 2008). De acordo com Santos *et al.* (2001), esses sedimentos transportados que se movimentam em direção a jusante do canal, sofrem abrasão devido o choque entre os sedimentos nas fases de mobilização e transporte

Para Walling (2008), uma parcela de sedimentos não alcança o curso d'água, essa parcela é representada pela Taxa de Entrega de Sedimentos (TES), elas podem ficar retidas em áreas com declividades suaves, porções salientes de terrenos ou nas planícies.

### 2.3 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO (EUPS)

A identificação de áreas críticas e o planejamento conservacionista são ações importantes para o controle da erosão, quantificar as perdas de solo pelos processos faz parte dessas ações, sendo utilizado como subsidio no planejamento ambiental (MELLO; NUENO; PEREIRA, 2005).

A EUPS é um modelo largamente utilizado para as estimativas de perda de solo, por ser prático e usar variáveis simples de se obter, é de boa aplicabilidade e estimativa, tendo a capacidade de gerar parâmetros para a ocupação e uso do solo de forma planejada (MIQUELONI; BUENO; FERRAUDO, 2012).

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) tem a finalidade de mesmo com a adoção de medidas mitigadoras, prever a erosão em (ton/ha) ano em determinada área, para que essas perdas de solo fiquem dentro dos limites toleráveis (CASTRO; VALÉRIO FILHO, 1997; COLODRO *et al.*, 2002; MORETI *et al.*, 2003).

De acordo com Wischmeier e Smith (1978), a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) é o produto de seis fatores que auxiliam no entendimento dos processos de erosão, onde a perda média anual do solo (A) é expressa em toneladas por hectare e os fatores R = Índice de erosividade da chuva (MJ/ha.mm/ha); K = Fator de erodibilidade dos solos (MJ/ha.mm/ha); LS = Fator Topográfico (adimensional); C= Fator uso e manejo (adimensional); P = Fator prática conservacionista (adimensional).

A erosividade da chuva ou (Fator R) expressa a Capacidade potencial da chuva em provocar erosão em áreas que não possuem proteção, esse parâmetro expressa numericamente a força deste fator (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

A estimativa do fator R na Equação Universal de Perdas de Solo foca na importância da conservação dos solos e em outros prognósticos de perdas que possam contribuir para um melhor planejamento conservacionista (RUFINO; BISCAIA; MERTEN ,1993).

De acordo com Wischmeier e Smith (1978), a erodibilidade do solo (Fator K) expressa as propriedades pertinentes aos solos (textura, estrutura, porosidade e profundidade), ou seja, é a suscetibilidade do solo ao processo de erosão. As propriedades influenciam a erodibilidade pela água, sendo assim a relação entre a energia agregada pela erosividade da chuva e a resistência da erodibilidade do solo ao desprendimento e deslocamento de partículas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

De acordo com Wischmeier e Smith (1978) a relação entre os fatores de comprimento de rampa de encostas (L) e a declividade (S) analisados juntos, dessa forma, os fatores LS é uma relação de perda de solo por unidade de área em um declive qualquer.

O Fator uso e manejo do solo (Fator C) representa a razão entre as perdas de solo em parcela cultivada com a utilização de técnicas de manejo adequada e as correspondentes em parcelas mantidas desprotegidas e cultivadas (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

O fator C abrange técnicas de manejo, que inclui estágio de desenvolvimento de cultivos, características de cobertura vegetal, rotação de culturas, preparo do solo, etc (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985).

O fator uso e manejo do solo assume valores entre 0 e 1, com valores maiores para culturas que protegem menos e valores menores para as que protegem mais proporcionando menores perdas de solo pela erosão (WISCHMEIER; SMITH, 1978; DONZELLI *et al.*, 1987).

A Prática Conservacionista (Fator P) é a razão entre a quantidade de solo perdida utilizando determinada prática conservacionista e as que não utilizam, sendo assim, corresponde as técnicas de conservação da erosão na proteção do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

Como afirma Sparovek (2008), os fatores observados pelo modelo R K L e S são relativos ao meio físico e a integração dos mesmos constituem o potencial natural de erosão de uma área, já os fatores C e P que são decorrentes das atividades humanas que podem amenizar ou não os processos de erosão.

## 2.4 MANEJO DE SOLOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Nas bacias hidrográficas as ações humanas causam em longo prazo alterações na dinâmica da água, esse processo que ocorre de forma natural, pode ser intensificado com a combinação de chuvas de altas intensidades e manejo inadequado dos solos o que facilita a erosão, muitos outros problemas podem surgir em decorrência dessas atividades mal planejadas (MELLO, 2003).

O manejo inadequado do solo além de diminuir a sua capacidade produtiva, pode provocar danos ambientais, a compreensão e conhecimento das características peculiares de uma bacia hidrográfica por meio dos solos, como material de origem,



granulometria, composição física- química, microbiológica, orgânica, entre outras, é de fundamental importância para um manejo adequado e manutenção da biosfera (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Para Castro, Castro e Souza (2013), o desenvolvimento de atividades agropecuárias em uma bacia hidrográfica, retirada da cobertura do solo, a degradação ou remoção das matas ciliares, utilização insustentável das águas e as mudanças nos cursos dos rios são meios de aceleração dos processos naturais de erosão e transporte de sedimentos.

Na agricultura é rotineiro o uso do Sistema de Plantio Direto (SPD), que utiliza práticas de rotação de culturas (CASSOL; DENARDIN; KOCHHANN, 2007). No entanto, o desconhecimento do declive da área, leva a utilização de mecanização que causam a compactação do solo e conseqüentemente o aumento da sua densidade, dificultando assim a infiltração e causando uma maior perda de solo por meio das águas, todos esses fatores devem ser considerados no SPD, para que haja um maior controle da erosão (SILVA; DE MARIA, 2011).

A retirada da vegetação e a destruição do solo causados por técnicas inadequadas de manejo nas bacias hidrográficas, intensificam o surgimento de sedimentos, que ficam depositados na entrada do reservatório ou em seus afluentes, que afetam a vida útil dos reservatórios (CABRAL, 2004).

Para Rocha *et al.* (2018), a vegetação desempenha papel importante tanto para o solo quanto para as cabeceiras de drenagem e áreas alagadiças, impedindo a erosão e o assoreamento dos riachos e nascentes.

Sobre a conservação do solo é importantíssima a proteção desempenhada pela cobertura vegetal viva e também pela morta, esse fator no manejo é responsável pela produção de água de boa qualidade (BALBINOT *et al.*, 2008). Para Ranzini e Lima (2002), práticas de manejo que considerem as características hidrológicas das bacias, permitem a manutenção da produtividade, bem como dos recursos florísticos.

Nesse contexto pode-se apontar o quanto são relevantes as áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL) na preservação da qualidade da água, que além de conservar a biodiversidade servem de amparo para fauna local, também promovem a permanência dos ciclos naturais e por conseguinte a proteção do solo contra os processos erosivos (STRECK; ESSI, 2013).

O equilíbrio ambiental e o manejo adequado dos recursos naturais são de fundamental importância, por isso se faz necessário o planejamento das atividades antrópicas nas bacias hidrográficas (GARDIMAN JUNIOR *et al.*, 2012).

A erosão é um fato comum em diversos países e em especial no Brasil, porém a falta ou a não adoção de boas práticas na conservação do solo colaboram com o assoreamento dos corpos hídricos podendo transformar um rio em um córrego (VISCHI FILHO *et al.*, 2016).

O primeiro passo é o controle da erosão para Schulz e Camargo (2007), a resistência do solo a erosão sofre influências das propriedades físicas, destacando a textura, permeabilidade, densidade e porosidade, as gotas das chuvas ao entrarem em contato com os solos desprotegidos causam danos, constituindo o início do processo erosivo já que rompem os grânulos e torrões, diminuindo o tamanho das partículas o que facilita o transporte e deposição dos sedimentos nos rios.

Poder quantificar as perdas é essencial a utilização de práticas que busquem diminuir a degradação do solo, uma vez que as características climáticas e topográficas juntamente com o uso e ocupação são responsáveis pela determinação do balanço sedimentar da bacia hidrográfica (MARTINS *et al.*, 2003).

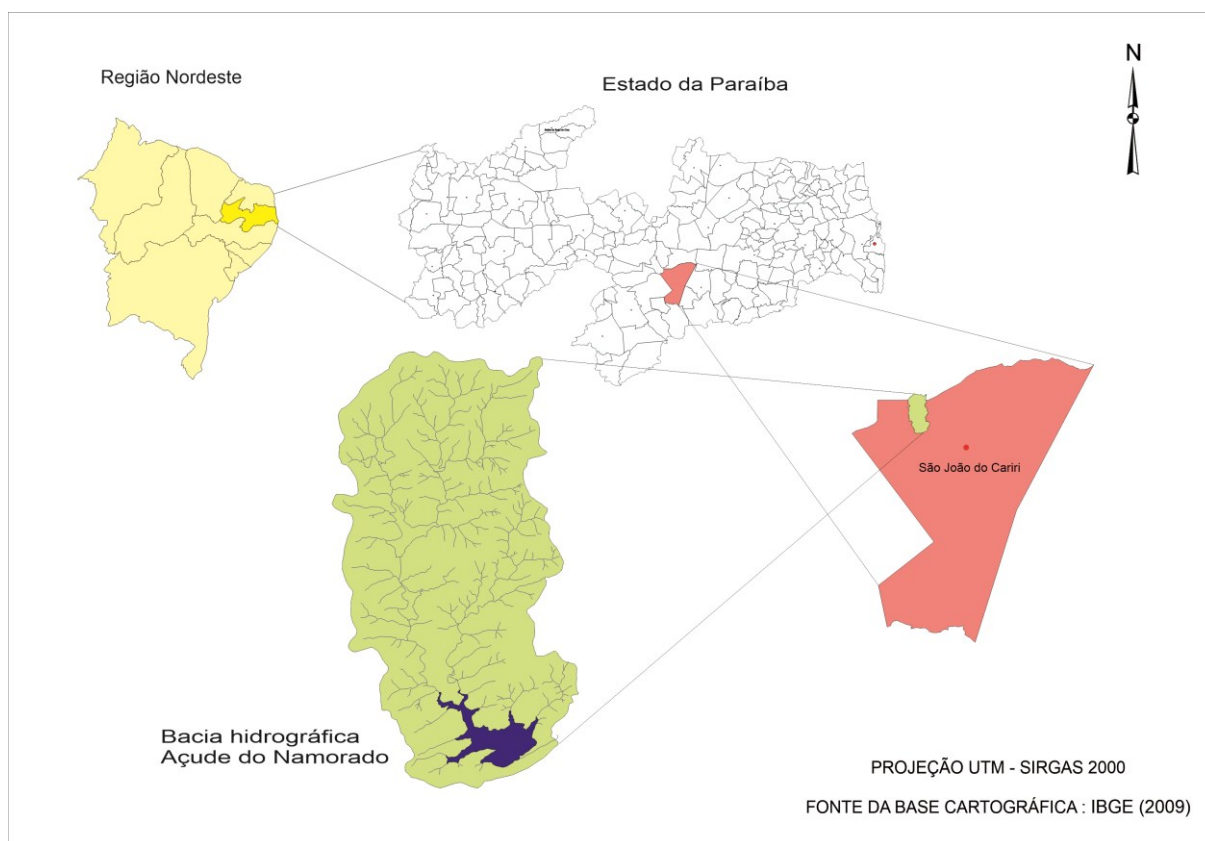
Araujo *et al.* (2009) propõe a implementação de políticas públicas voltadas ao planejamento e gestão, que busquem reverter nas bacias hidrográficas o alto grau de degradação.

Nesse contexto, dentre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, que reúne propostas de vários países, destacando em particular, no ODS 15, que norteia as ações de proteção, recuperação e promoção do uso sustentável dos ecossistemas terrestres, orientando a gestão sustentável das florestas, medidas de combate à desertificação, bem como deter e reverter a degradação do solo e a perda da biodiversidade. (ONU, 2021). Ainda de acordo com a Organização são desafios a serem cumpridos no subitem 15.3 até 2030: desenvolver ações de combate à desertificação, recompor a terra e o solo degradado, propor alternativas para amenizar secas e inundações e lutar para alcançar um mundo melhor em termos de degradação do solo.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área da bacia hidrográfica do açude Namorado apresenta 14,06 km<sup>2</sup> está situada no município de São João do Cariri-PB, tendo como coordenadas geográficas 7° 23' 30" de latitude S e 36° 31' 59" de longitude, com altitude média de 458 m., bacia faz parte da rede de drenagem do rio Taperoá, que, por sua vez, é afluente do Rio Paraíba (CHAVES; CHAVES; VASCONCELOS, 2002) (Figura 1).

**Figura 1** - Mapa de localização da área de estudo



**Fonte:** Adaptado de IBGE (2009).

A rede hidrográfica é formada pelo riacho Namorado, de Boqueirãozinho, além de contribuintes menores que deságuam diretamente na bacia hidráulica do açude. Ao longo do riacho Namorado, o principal contribuinte, existem cinco outros barramentos, da fazenda Barroso, os açudes da fazenda contendas e da fazenda Pousada das Emas (CHAVES; CHAVES; VASCONCELOS, 2002).

O clima é o semiárido quente e a precipitação média anual no município é de 386,6mm, sendo, março a abril, os meses mais chuvosos, com médias de 93 e 84mm, respectivamente, com temperatura máxima de 25°C nos meses de novembro a janeiro e mínima de 21°C em julho. A evapotranspiração potencial apresenta de novembro a janeiro o valor médio de 120mm e julho o valor mínimo de 70mm, totalizando 1.190mm por ano (VAREJÃO-SILVA *et al.*, 1984).

O relevo do município apresenta-se predominantemente plano a levemente ondulado, por estar inserida numa área intensamente rebaixada pelos ciclos de erosão (TELES, 2005).

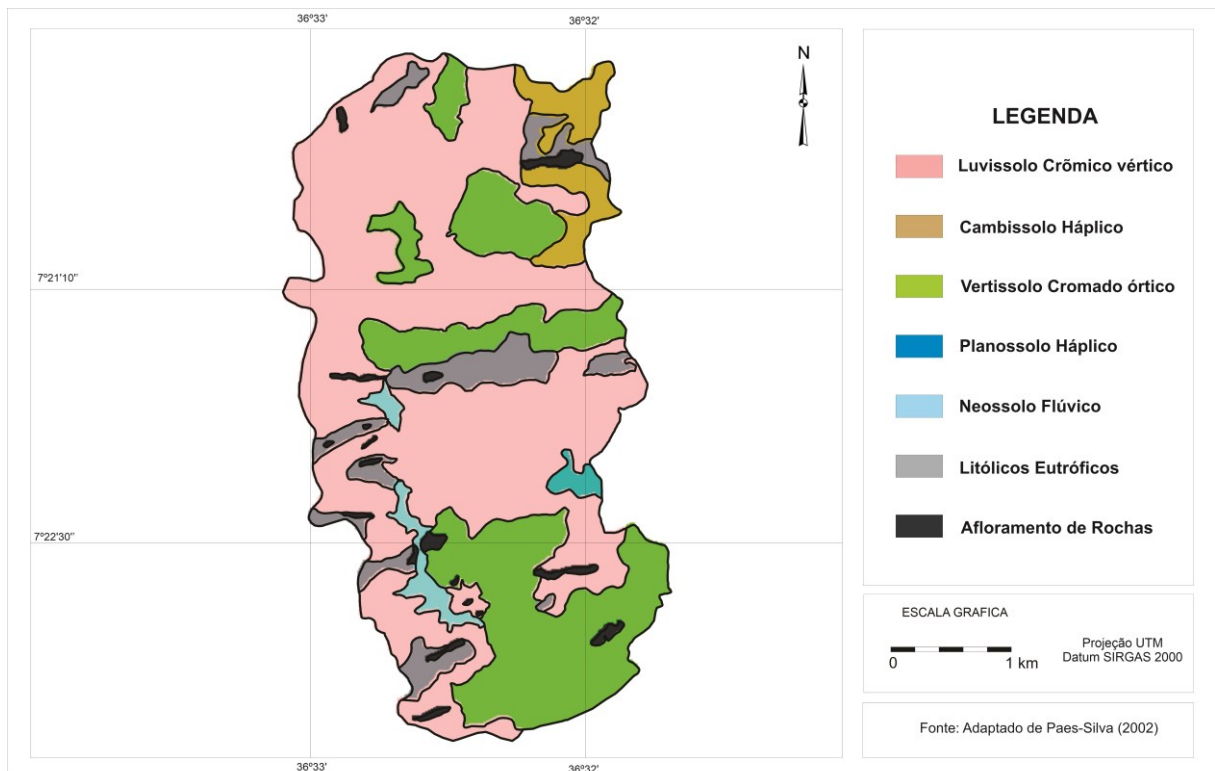
A vegetação desta unidade ambiental é formada por vegetação Subcaducifolias e caducifólias, nativas das áreas semiáridas com domínio da caatinga, além de algaroba (*Proposis juliflora*), campos de palma e áreas de cultivo anuais cujas práticas agrícolas utilizadas seguem o período da estação chuvosa (fevereiro, março e abril), quando a disponibilidade de água é mais abundante (PAES-SILVA, CHAVES; SAMPAIO., 2003).

De acordo com Alves (2012), as principais culturas que ocupam parte das terras nas propriedades rurais da bacia e no seu entorno, são o milho e o feijão como culturas temporárias, nos cultivos secundários a produção de batata doce, melancia e abobora, já na produção de forragem palma, capim e sorgo.

Pires (2009) afirma que, na geologia o município de São João do Cariri está inserido no complexo granito – gnáissico – migmatítico de Pernambuco-Alagoas, dentre outras localidades., numa unidade cristalina de idade Pré-Cambriana, cuja característica dessas áreas é a impermeabilidade dos solos que facilita o escoamento.

Os solos predominantes são o Luvissole Crômico vértico, o Vertissolo Cromado órtico e o Neossolo Lítico, ocorrendo em 55,6, 22,4 e 7,9% da área, respectivamente. Ocorre ainda, ocupando áreas menores os solos Cambissolo Háplico, Neossolo Flúvico, Planossolos Háplico e afloramentos de rocha associados à Neossolo Lítico (CHAVES; CHAVES; VASCONCELOS, 2002) (Figura 2).

**Figura 2 - Mapa de solos da área de estudo**



**Fonte:** Adaptado de Paes-Silva (2002).

Por se encontrarem numa unidade geológica cristalina, os solos são pedregosos, poucos profundos, portanto de difícil permeabilidade, o que facilita o escoamento superficial e a lixiviação da matéria orgânica e dos minerais presentes nas rochas (MORAIS; FRANCISCO; MELO, 2014).

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi adotada a metodologia utilizada por Francisco e Chaves (2017), onde para a elaboração do mapa de declividade foi utilizado um mosaico digital do SRTM do quadrante, SB24ZD da área de estudo e a partir deles foram geradas as curvas de nível com equidistância de 10 metros. Para gerar a grade triangular foi criada uma base de dados no programa SPRING 5.2 na projeção UTM/SAD69; em seguida foi realizado o fatiamento da grade triangular com o estabelecimento dos limites de classes de declive, procedendo-se o mapeamento em cinco classes (Tabela 1) (FRANCISCO, 2010).

O fator declividade (S) foi calculado pela equação ajustada por Bertoni e Lombardi Neto (1990) representada pela Equação 1.

$$LS = 0,00984 L^{0,63} \times S^{1,18} \text{ (Eq. 1)}$$

Onde: o comprimento de rampa (L) foi considerado igual à medida padrão de 25 metros.

**Tabela 1** - Classes de declividade

<b>Classes de Declividade</b>	<b>Declive (%)</b>	<b>Classes de Risco</b>	<b>Fator S</b>
Plano	0-3	Muito Baixo	<0,273
Suave Ondulado	3-6	Baixo	<0,619
Moderadamente Ondulado	6-12	Médio	<1,403
Ondulado	12-20	Alto	<2,564
Forte	>20	Muito Alto	>2,564
Ondulado/Montanhoso			

**Fonte:** Francisco (2010)

Os índices de vulnerabilidade das classes foram estabelecidos de forma progressiva procurando-se simular a aceleração do processo erosivo. Procedeu-se o mesmo critério para os demais parâmetros do modelo: erodibilidade do solo e erosividade.

A erodibilidade dos solos (K) da bacia foi determinada pela equação proposta por Denardin (1990), para o conjunto dos solos brasileiros e americanos, simplificada por Chaves *et al.* (2004) para os dois principais parâmetros, o fator granulométrico M e a permeabilidade do solo P.

Na elaboração do mapa de erodibilidade foi criada uma planilha no Excel em que cada polígono de solo da área de estudo, baseado nas informações contidas nos perfis representativos de BRASIL (1972) e PARAÍBA (1978), teve calculado sua erodibilidade, baseada na metodologia proposta por Chaves *et al.* (2004).

Nesta proposta os autores considerando a possibilidade de obtenção dos dados do boletim de solos brasileiro, através de um artifício para estimativa dos dados de granulometria a partir da classificação internacional para a classificação americana, utilizam o modelo proposto por Denardin (1990), para estimar a erodibilidade dos solos e que tem a seguinte expressão matemática conforme a Equação 2.

$$K = 0,00000748 (X_{25}) + 0,00448059 (X_{29}) - 0,06311750 (X_{27}) + 0,01039567 (X_{32})$$

(Eq. 2)

Onde: K, é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>; X<sub>25</sub>, é a variável granulométrica “M”, calculada a partir da determinação pelo método da pipeta; X<sub>29</sub>, é a permeabilidade do perfil de solo, codificada conforme Wischmeier, Johnson e Cross (1971); X<sub>27</sub>, é o diâmetro médio ponderado das partículas menores do que 2mm, expresso em mm; X<sub>32</sub>, é a relação entre o teor de matéria orgânica e o teor da “nova areia” determinada pelo método da pipeta.

Considerando o alto grau de determinação do parâmetro X<sub>25</sub> (variável granulométrica “M”), com r<sup>2</sup> = 0,9461, a estimativa da erodibilidade dos solos foi calculada pela equação de K, reduzida aos dois primeiros parâmetros, cuja expressão matemática ajustada por Denardin (1990) passou a ser conforme a Equação 3.

$$K = 0,00000797 (X_{25}) + 0,0029283 (X_{29}) (r^2 = 0,9561) \text{ (Eq. 3)}$$

A variável “M” é um artifício que exalta a ocorrência das frações granulométricas do solo mais facilmente dispersas e transportadas pela água, o silte e a areia muito fina. Essas frações agrupadas numa mesma classe textural, passaram a ser chamada de fração “novo silte (NS)” enquanto, a fração areia com a subtração da fração areia muito fina, passou a ser chamada de “nova areia (NA)” (WISCHMEIER; JOHNSON; CROSS 1971). Assim, a variável “M” é expressa pelo

produto entre os valores percentuais da fração novo silte, vezes a soma das frações novo silte + nova areia ( $M = NS \times (NS + NA)$ ).

Nos boletins de solos brasileiro o resultado da análise granulométrica é apresentado na classificação internacional (ISSS), enquanto, originalmente, a variável “M” utiliza os dados da classificação americana (USDA); assim, para a conversão dos dados granulométricos da classificação internacional dos boletins de solos brasileiros, com vista à classificação americana, Chaves *et al.* (2004) propuseram a Equação 4.

$$M = 640,03 e^{0,0003 M_i} (r^2 = 0,8214) \text{ (Eq. 4)}$$

Sendo: M = valor de “M” corrigido, ou da variável  $X_{25}$  do modelo de Denardin, e  $M_i$  = valor obtido do boletim de solos (classificação internacional).

A estimativa da permeabilidade dos solos (variável  $X_{29}$ ) foi realizada a partir da correspondência entre as classes de drenagem descritas no boletim de solos (BRASIL, 1972) e as classes de permeabilidade propostas e codificadas por Wischmeier, Johnson e Cross (1971) (Tabela 2).

**Tabela 2 - Correspondência entre classes de drenagem e permeabilidade**

<b>Classes de Drenagem</b>	<b>Classes de Permeabilidade</b>
Muito mal drenado	Muito lenta
Mal drenado	Muito lenta
Imperfeitamente drenado	Lenta
Moderadamente drenado	Lenta a moderada
Bem drenado	Moderada
Acentuadamente drenado	Moderada a rápida
Fortemente drenado	Rápida
Excessivamente drenado	Rápida

**Fonte:** BRASIL (1972); (WISCHMEIER; JOHNSON; CROSS 1971).

Para as descrições de drenagem intermediárias entre duas classes do tipo “bem drenado a acentuadamente drenado”, adotou-se uma codificação de valor intermediário, exemplo, 2,5. Os dados sobre textura ( $X_{25}$ ) e permeabilidade ( $X_{29}$ ) foram



interpretados e calculados a partir da ordenação dos dados dos perfis de solos descritos no Boletim de Solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972).

Na metodologia para o enquadramento das classes utilizou-se o valor da erodibilidade do solo representativo de cada unidade de mapeamento, ou seja, o solo dominante de cada associação de solo. Para cada solo foi considerado apenas o valor da erodibilidade do horizonte superficial; assim, para cada polígono do mapa foi atribuído um valor representativo de erodibilidade; em seguida, agrupados em cinco classes de erodibilidade. Com vista à elaboração do mapa de erodibilidade do solo no SPRING foi realizada a classificação para o enquadramento das classes definidas conforme a Tabela 3.

**Tabela 3** - Classes de erodibilidade dos solos

<b>Classes de Risco</b>	<b>Erodibilidade - Fator K (Mg mm MJ<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>
Muito Baixa	<0,01
Baixa	0,01-0,02
Média	0,02-0,03
Alta	0,03-0,04
Muito Alta	>0,04

**Fonte:** (FRANCISCO, 2010).

Na elaboração do mapa de erosividade da chuva (R) utilizou-se o método da  $EI_{30}$  (Equação 5), conforme proposto por Lombardi Neto e Mondenhauer (1992), por utilizar apenas dados de precipitação pluviométrica mensal e anual. Os dados de precipitação média mensal e anual acumuladas para o município foram obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

$$EI_{30} = 68,730 (r^2 / P)^{0,841} \text{ (Eq. 5)}$$

Em que:  $EI$  = média mensal do índice de erosividade ( $MJ \text{ mm h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ );  $r$  = precipitação média mensal (mm); e  $P$  = precipitação média anual (mm).

**Tabela 4 - Classes de erosividade da chuva**

<b>Classes de Risco</b>	<b>Erosividade - Fator R (MJ mm ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)</b>
Muito Baixa	0-2000
Baixa	2000-4000
Média	4000-6000
Alta	6000-8000
Muito Alta	8000-10000

**Fonte:** Lombardi Neto e Mondenhauer (1992).

Para a elaboração do mapa do Potencial Natural de Erosão (PNE), foi estimado pelo produto dos parâmetros da Equação 6.

Erosividade da chuva (R) x Erodibilidade do solo (K) x Declividade (S) (Eq. 6)

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL, subprograma do SPRING, conforme Tabela 5.

**Tabela 5 - Parâmetros para estimativa do PNE e do LTP**

<b>Classes de Risco</b>	<b>Erosividade Fator R (MJ mm ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>Erodibilidade Fator K (Mg mm MJ<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Declividade Fator S</b>	<b>PNE</b>	<b>Limites</b>
				<b>(R x K x S) (Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tolerância Perdas (Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)</b>
Muito Baixa	0-2000	0,00-0,01	<0,273	0-5	0-3
Baixa	2000-4000	0,01-0,02	<0,619	5-50	3-6
Média	4000-6000	0,02-0,03	<1,403	50-250	6-9
Alta	6000-8000	0,03-0,04	<2,564	250-800	9-12
Muito Alta	8000-10000	0,04-0,05 <sup>+</sup>	>2,564	> 800	>12

**Fonte:** Adaptado de Chaves et al. (2015).

Para a elaboração do mapa do Limite de Tolerância de Perda (LTP) foi calculado pelo método de Smith e Stamey (1964), utilizado por Oliveira et al. (2008), que preconiza uma taxa média anual de perdas (LTP) determinada pela razão entre a profundidade do solo, em milímetros (h), e o período de tempo de desgaste de 1.000 anos.

$$LTP = H \cdot r \cdot d \cdot 1000^{-1} \text{ (Eq. 7)}$$

Sendo: H, profundidade efetiva limitada a 1 metro; r, o gradiente textural entre horizontes B e A, que se menor de 1,5, r igual a 1,0; entre 1,5 e 2,5, r igual a 0,75, e se maior que 2,5, r igual a 0,5; e d, a densidade do solo, estimada pela relação com o C orgânico ( $DS = 1,660 - 0,318 (\%COT) 0,5$ , segundo Benites *et al.* (2007).

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL subprograma do SPRING conforme a Tabela 5.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de precipitação média mensal para a área de estudo e do resultado do cálculo do índice de erosividade  $EI_{30}$  em  $MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}$  pode ser observado na Tabela 6.

Observa-se na Tabela 6, que a média da precipitação mensal apresenta valor de 41,15mm com os menores valores nos meses de setembro a dezembro entre 5,22 e 13,51mm. Os maiores valores de precipitação na bacia encontram-se entre os meses de março e abril com 87,35 e 77,37mm, respectivamente.

Medeiros *et al.* (2014), observaram que o quadrimestre mais chuvoso foram os meses de abril, maio, junho e julho.

Para os valores de erosividade, observa-se que também apresenta baixos índices para os meses de menores valores de precipitação de setembro a dezembro, com valores de  $EI_{30}$  de 48,58 a 240,83  $MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}$ . Para os meses de fevereiro a maio apresenta o maior valor de 5.554,54  $MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}$ .

**Tabela 6** - Distribuição mensal média da precipitação e erosividade.

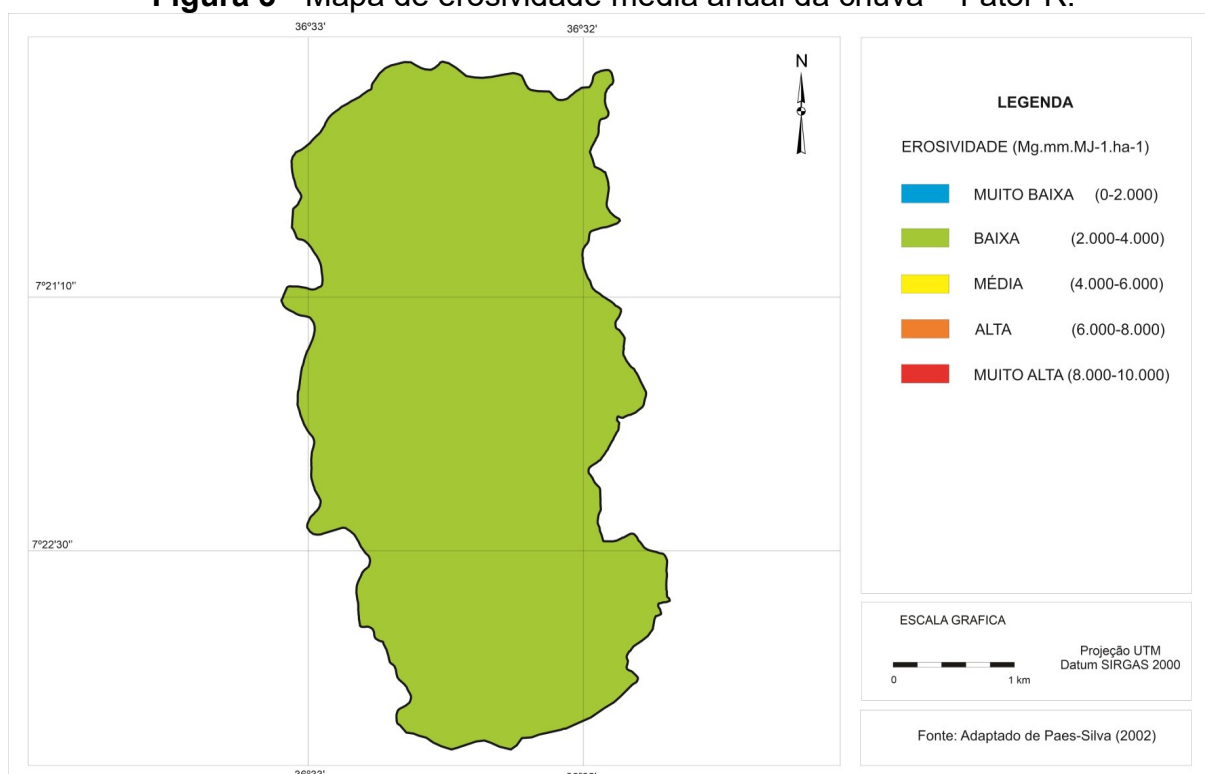
<b>Meses/Anos (1995-2020)</b>	<b>Precipitação média (mm)</b>	<b><math>EI_{30}</math> (<math>MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}</math>)</b>
Janeiro	63,09	3.283,20
Fevereiro	68,31	3.673,36
Março	87,35	5.554,54
Abril	77,37	4.529,52
Maio	64,55	3.339,90
Junho	42,19	1.633,63
Julho	31,70	1.009,98
Agosto	19,32	439,31
Setembro	5,22	48,58
Outubro	9,48	132,68
Novembro	10,88	167,25
Dezembro	13,51	240,83
<b>Média</b>	<b>41,15</b>	<b>2.004,40</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Os eventos de precipitação pluvial são fatores físicos de grande influência na magnitude das perdas de solo em região semiárida (THOMAZ, 2009), dependendo da extensão territorial e do clima local (JARDIM *et al.*, 2017).

Conforme a Figura 3, no mapa de erosividade média anual da chuva, observa-se que a erosividade da chuva na bacia é totalmente da classe baixa, entre 2.000 a 4.000 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Resultados próximos ao encontrado por Francisco e Chaves (2017) para a bacia do rio Taperoá, onde a bacia em estudo está inclusa.

**Figura 3 - Mapa de erosividade média anual da chuva – Fator R.**



**Fonte:** Adaptado de Paes-Silva (2002).

No Brasil, existem valores de erosividade determinados para várias regiões. De acordo com Cogo (1988), a erosividade apresenta uma amplitude de 5.000 a 12.000 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Nascimento e Chaves (1996) observaram que o fator R calculado pelo EI<sub>30</sub> para o município de Alagoinha, região do Brejo paraibano, apresentou valor médio anual de erosividade de 3.423 MJ ha<sup>-1</sup> mm h<sup>-1</sup> e afirmam que valores semelhantes foram obtidos por Chaves e Diniz (1981) para o município de Areia de 3.875 MJ ha<sup>-1</sup> mm h<sup>-1</sup> em região de Brejo de altitude. Valores diferentes a este trabalho devido a bacia em estudo estar localizada em região semiárida com menores valores de precipitação.

Cantalice *et al.* (2009) observaram que a erosividade das regiões semiáridas do Estado de Pernambuco é baixa e muito baixa, resultado próximo a este estudo.

Alves e Azevedo (2013), estimando a erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, observaram que os maiores valores de erosividade para a série analisada foram nos meses de fevereiro, março e abril, coincidindo com os elevados valores precipitados. Medeiros *et al.* (2014), observaram que na região do Cariri/Curimataú para os meses de julho a dezembro as menores incidências erosivas fluíram entre 7,7 a 155,7 MJ mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Resultados similar a este estudo.

Francisco *et al.* (2019) observaram que, a erosividade média anual da chuva na bacia do rio Taperoá, onde a bacia do açude do Namorado localiza-se, apresentou-se predominantemente baixa, em 75,2% da área, em que os valores variaram entre 2.000 a 4.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, ocorrendo longitudinalmente ao longo da bacia; valores médios variando de 4.000 a 6.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> ocorrem em 20,7% da área, associados a localidades com maiores volumes de precipitação. E em apenas em 4,1% da área a erosividade foi muito baixa, ocorrendo em áreas limítrofes elevadas e/ou com baixa muito precipitação. Observaram também que a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvisolos Crômicos órtico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia.

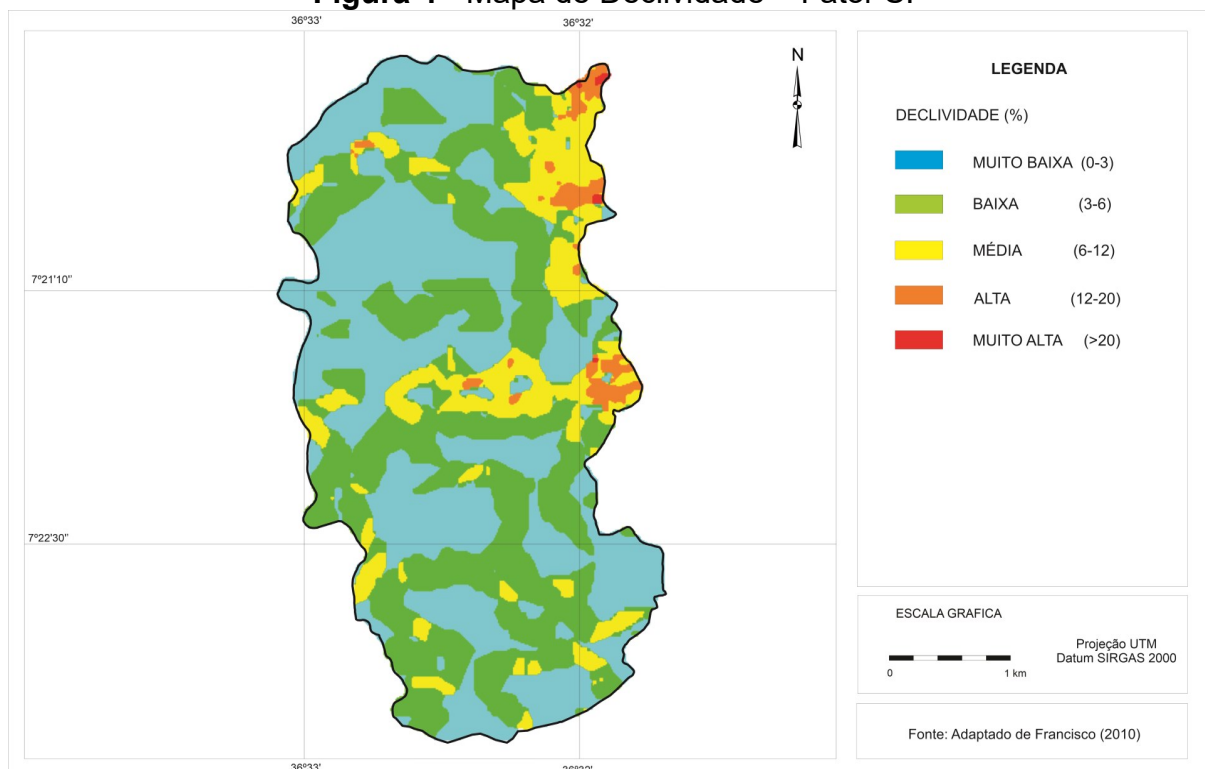
Silva *et al.* (2012) estimando valores para o município de Cabaceiras, município contíguo, afirmam que o fator R da área foi de 9.471,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os maiores índices de erosividade foram encontrados no período de abril (507,1 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) coincidindo com o mês mais chuvoso (60,2mm). Os menores índices de erosividade foram encontrados no período de outubro (3,9 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) sendo este o mês de menor precipitação (3,9mm). Para a bacia do alto rio Paraíba, localizada mais ao sul da bacia em estudo, Francisco *et al.* (2019b) identificaram valores médios em 20,73% da bacia associados a localidades com maiores volumes de precipitação.

Amaral *et al.* (2014) utilizando esta mesma metodologia para o Estado da Paraíba observaram que a erosividade variou de 2.000 a 10.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e teve distribuição proporcional a da precipitação.

Conforme a Figura 4, no mapa de declividade - Fator S, observa-se que a declividade da bacia é predominantemente pertencente a classe muito baixa (0 a 3%), e baixa (3 a 6%). Essas terras ocorrem de forma difusa em toda a bacia, que no conjunto, abrangem 85,35% da área da bacia com 12 km<sup>2</sup> (Tabela 7). Observa-se que

a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvisolos Crômicos órtico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia. Francisco et al. (2013) observaram grande predominância dos terrenos planos (0 a 3%) em 59,3% e suave ondulado, em 27,7%, totalizando 87% da bacia do rio Taperoá, em qual a bacia do Namorado está inclusa.

**Figura 4 - Mapa de Declividade – Fator S.**



**Fonte:** Adaptado de Francisco (2010).

Confrontando-se o mapa do fator S de declividade (Figura 4), com o mapa de solos (Figura 2), observa-se que a distribuição das áreas mais planas, estão associadas às classes de solos com predominância para os Planossolo Nátrico e Luvisolo Crômico vértico, dados que corroboram com os estudos de Francisco, Chaves e Lima. (2012) e Francisco *et al.* (2013).

Observa-se que sua distribuição está associada aos solos predominantes da bacia, o Luvisolo, Vertissolo, Neossolo Flúvico e Planossolos Háplico, corroborando com as observações de Paes-Silva (2002) e de Chaves *et al.* (2002) onde descrevem que no terço inferior da bacia as áreas mais declivosas correspondem, em grande parte, as encostas côncavas resultantes da dissecação da rede de drenagem. No terço médio as áreas mais declivosas correspondem às encostas da elevação que

cruxa transversalmente a bacia, e no terço superior, as áreas mais declivosas ocorrem nas encostas das serras e nas cabeceiras da drenagem.

**Tabela 7** - Áreas das classes de vulnerabilidade a desertificação

Classes de risco	Fator R		Fator K		Fator S		PNE		LTP	
	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)
Muito Baixa			0,23	1,64	6,920	49,218			5,275	37,518
Baixa	14,060	100	0,928	6,60	5,080	36,131	0,596	4,239	8,135	57,859
Média			3,892	27,68	1,771	12,596	8,983	63,890		
Alta			1,100	7,82	0,277	1,970	4,323	30,747		
Muito Alta			7,910	56,26	0,012	0,085	0,158	1,124	0,650	4,623
Total	14,060	100	14,060	100	14,060	100	14,060	100	14,060	100

**Fonte:** Dados da pesquisa.

As áreas mais declivosas da bacia das classes alta e muito alta se distribuem em áreas de encosta ao nordeste da bacia no terço superior. A classe média, normalmente ocorrendo associada à classe muito alta, representando áreas com declividades entre 6% e superiores a 20%, ocupam 2,05 km<sup>2</sup>, representando 14,65% da área da bacia (Tabela 7). Conforme Valladares *et al.* (2012) esta característica reforça a importância de conservar a topografia dos terrenos, pois solos que estão em locais declivosos apresentam maior tendência a processos erosivos, seja hídrico ou eólico, principalmente em locais que possuam cursos de corpos d'água.

Observa-se no mapa de erodibilidade do solo – Fator K (Figura 5), que apresenta erodibilidade muito alta em 56,26% da área (Tabela 7) com valores de 0,0436 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> (Tabela 8) representado pelos Luvisolos. Paes-Silva (2002) afirma que o Luvisolo Crômico vértico é o solo dominante da área, ocorrendo em 55,6% com sequência de horizontes A fracamente desenvolvido e mudança textural abrupta do A para o Bt vértico que ocorrem nos interflúvios e posições de topo mais rebaixados, com relevo suave ondulado e ondulado.

Na classe alta de erodibilidade representada pelos Neossolos Litólicos apresenta valores de 0,0355 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> em 7,82% da área em 1,1 km<sup>2</sup>. Esta susceptibilidade está relacionada aos percentuais elevados das frações silte e areia



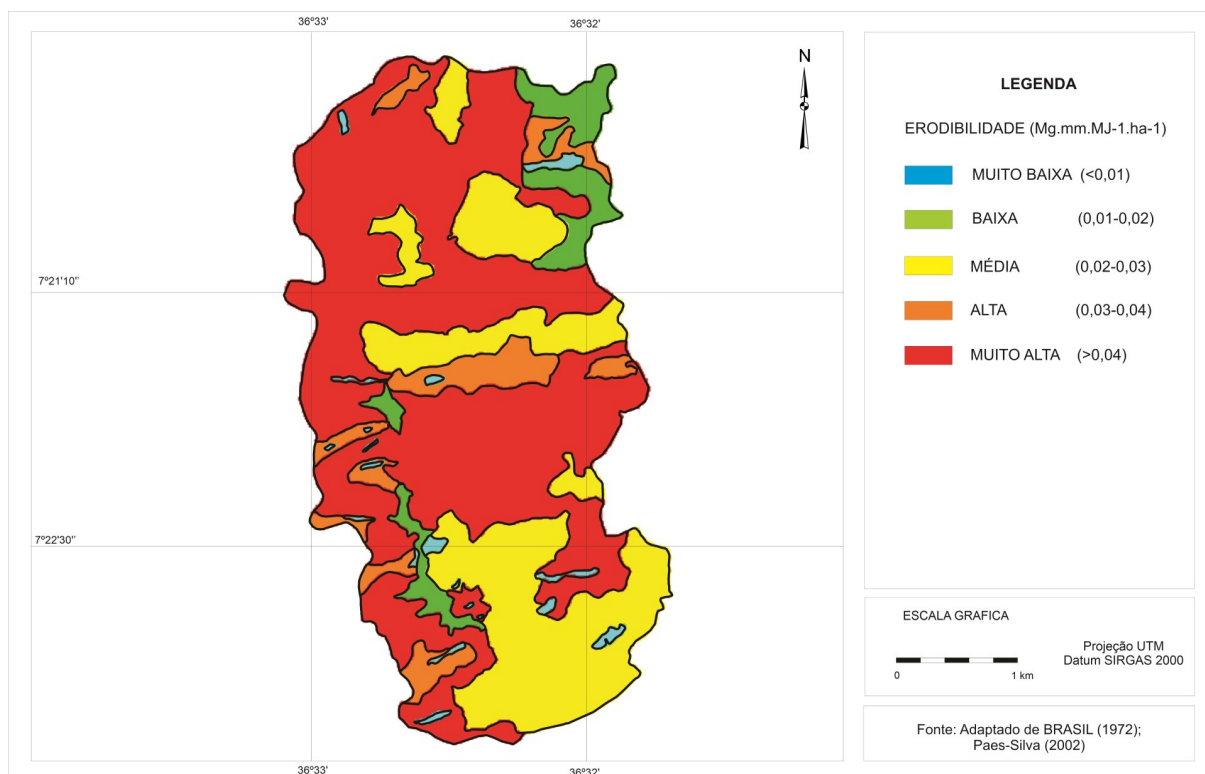
fina, dos Neossolos Litólicos e dos Luvisolos Crômicos, solos com maiores áreas de ocorrência, dados que concordam com os resultados obtidos por Chaves *et al.* (2004), Francisco (2013) e Francisco *et al.* (2013b; 2019). E de forma secundária, associados a permeabilidade baixa (FRANCISCO *et al.*, 2019b). Estes são solos com teores elevados de silte e areia fina, frações estas, que em conjunto, estão associadas a 93% das variações da susceptibilidade dos solos a erosão (RENARD *et al.*, 1997).

Chaves *et al.* (2004), encontraram utilizando esta mesma metodologia para os solos de todo o Estado da Paraíba, valores variando de 0,010 a 0,054 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> onde afirmam que os solos Luvisolos e os Neossolos Litólicos, típicos da região semiárida de estudo, são os mais susceptíveis à erosão do Estado. Nogueira (2000) observou que os valores extremos do fator K foram para os Litólicos entre 0,0442 e 0,0551 t.ha.h/ha.MJ.mm.

Na classe média de erodibilidade com valores de 0,0262 a 0,0298 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> estão representados pelos Vertissolos e Planossolos, respectivamente, com uma área de 3,892 km<sup>2</sup> em 27,68% da bacia. Valores médios semelhantes foram encontrados por Francisco *et al.* (2019c) na bacia do Alto curso do rio Paraíba o valor de 0,0290 e 0,0298 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para os Vertissolos e Planossolos, respectivamente, compatíveis com o resultado encontrado neste trabalho.

Paes-Silva (2002) afirma que, o Vertissolo Cromado órtico da bacia em estudo, são os solos com cor de matiz mais avermelhada da área, argilosos, pouco profundo a raso com sequência de horizonte A/C e apresentando fendilhamento pela expansividade das argilas de alta atividade. Este ocorre com maior expressão no seu terço inferior, no entorno do açude Namorado e sede da Estação Experimental, em situação de relevo ondulado. A sua ocorrência no terço médio e superior da bacia está em situações de terço inferior das encostas e em topos aplainados. A textura mais argilosa, o baixo gradiente textural entre horizontes e sub-horizontes e a ocorrência de pedras na superfície do solo como em toda a bacia hidrográfica, são fatores a que se pode atribuir a sua maior resistência a erosão.

**Figura 5 - Mapa de erodibilidade dos solos – Fator K.**



**Fonte:** Adaptado de Brasil (1972); Paes-Silva (2002).

As classes de erodibilidade baixa, com valores inferiores a 0,0198 e 0,0192 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> representada pelo Cambissolo e pelo Neossolo Flúvico, respectivamente, em 0,928 km<sup>2</sup> em 6,60% da área.

De acordo com Paes-Silva (2002), o Cambissolo Háptico ocorre nas posições mais elevadas da bacia, acima de 540 m nas encostas e topos das serras com relevo ondulado a plano. São solos rasos a moderadamente profundos, com textura franca argila arenosa e fraco desenvolvimento estrutural. O baixo gradiente textural e presença de minerais primários no perfil demonstram o seu baixo grau de desenvolvimento pedogenético.

Pelos dados das Tabelas 7 e 8, observa-se que a classe de erodibilidade muito baixa com valores de erodibilidade de 0,0029 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> ocupa uma área de 0,23 km<sup>2</sup> da bacia, representando 1,64% da área total, onde é representado por Afloramentos de Rocha.

Pela Tabela 8 pode-se observar os valores dos parâmetros de determinação e da erodibilidade dos solos, com sua classificação.

**Tabela 8** - Parâmetros dos solos utilizados para estimativa e classificação da erodibilidade (Fator K)

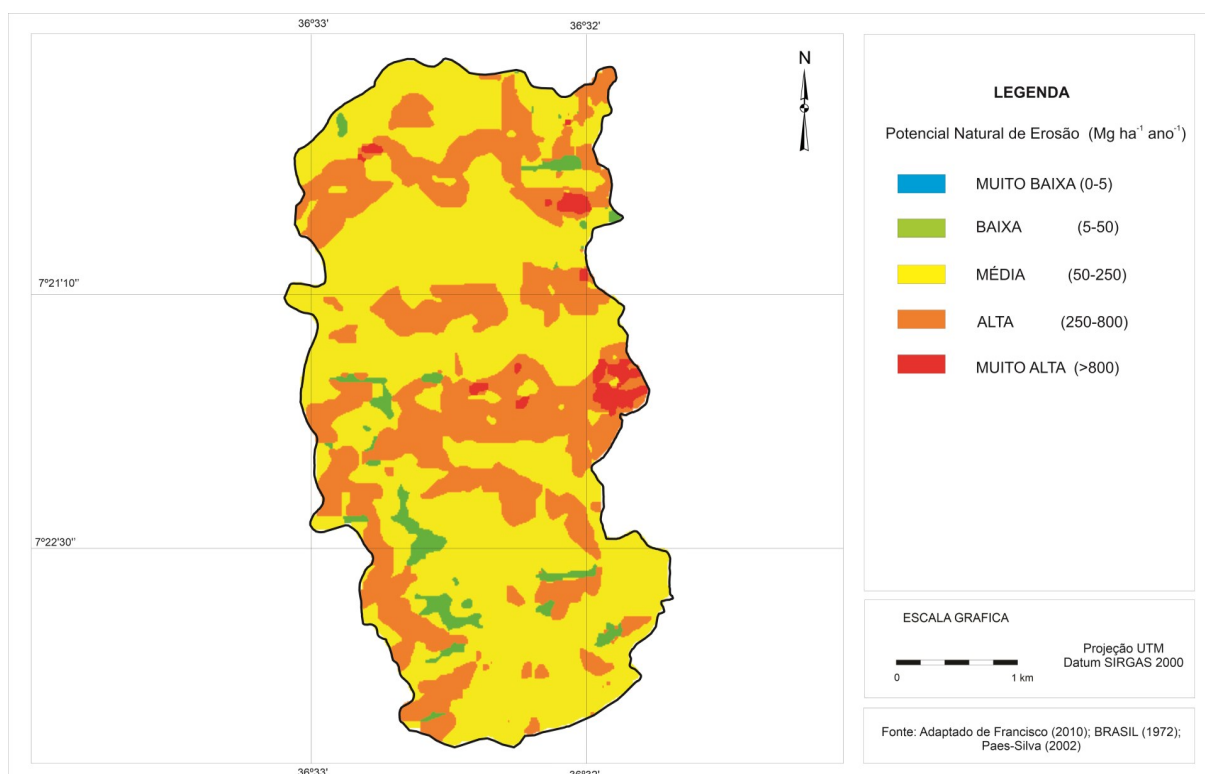
Solos	N.o Perfil	Areia (%)	Ar+ Silt (%)	Mi	Mc	Drenab	Fator K	Classe
TCo - Luvisso Crômico Órtico típico	32	24	65	5785	3630	5	0,0436	MA
Cxve - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico	37	38	46	3864	2040	1	0,0192	B
Vco - Vertissolo Cromado Órtico típico	42	23	42	2730	1452	5	0,0262	M
SNo - Planossolo Nátrico Órtico típico	43	51	40	3640	1907	5	0,0298	M
RUve - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico solódico	47	51	5	54	650	5	0,0198	B
RLe - Neossolo Litólico Eutrófico típicos	53	32	60	5520	3353	3	0,0355	A
Afloramento de Rocha		0	0	0	0	1	0,0029	MB

Fonte: BRASIL (1972).

No mapa de potencial natural de erosão da bacia (PNE) (Figura 7), pode-se observar que a classe média que varia entre 50 a 250 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> encontra-se em 63,89% da área total da bacia, e da classe baixa para 4,24% das suas terras entre 0 a 5 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Resultado este influenciado pela classe de declividade média ocorrendo em áreas de declividade baixa e média sob os Luvisolos e Neossolos Flúvicos. De acordo com Francisco et al. (2019), o baixo potencial erosivo das chuvas (fator R) e o relevo mais plano (fator S) da bacia vêm neutralizar um maior potencial de erosão (PNE). Os mesmos autores encontraram resultados similares a este estudo em pesquisa na bacia do alto rio Paraíba.

Conforme Paes-Silva (2002), o Neossolo Flúvico, são solos formados por sedimentos aluviais, de textura variada, apresentando camadas que refletem os ciclos de deposição. A textura deste solo reflete a energia do processo de transporte dos sedimentos e a fertilidade, a riqueza química dos solos contribuintes. Ocorrem no trecho médio e baixo do riacho Namorado.

**Figura 6 - Mapa do potencial natural à erosão - PNE.**



**Fonte:** Adaptado de Francisco (2010); BRASIL (1972); Paes-Silva (2002).

Para a classe alta de potencial natural de erosão observa-se 4,28% da área da bacia que varia entre 250 a 800  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  (Tabela 7) localizada por toda a bacia ocorrendo em Neossolos Litólicos. Já a classe muito alta representa somente 1,12% da bacia ocorrem em áreas de maior declividade da bacia. Resultado este influenciado pela média erosividade da chuva e pela declividade do terreno, devido estar localizado em áreas de maior elevação do terreno.

Observa-se no mapa de limite de tolerância de perdas dos solos (LTP) (Figura 7) que a classe, muita baixa compreende 37,51% da área da bacia (Tabela 7), a área da classe baixa compreende 57,85% totalizando 13,42  $\text{km}^2$  do total (95,38%) que ocorre por toda a bacia nos Luvisolos, Vertissolos, Planossolos, Neossolo Litólicos e Neossolos Flúvicos.

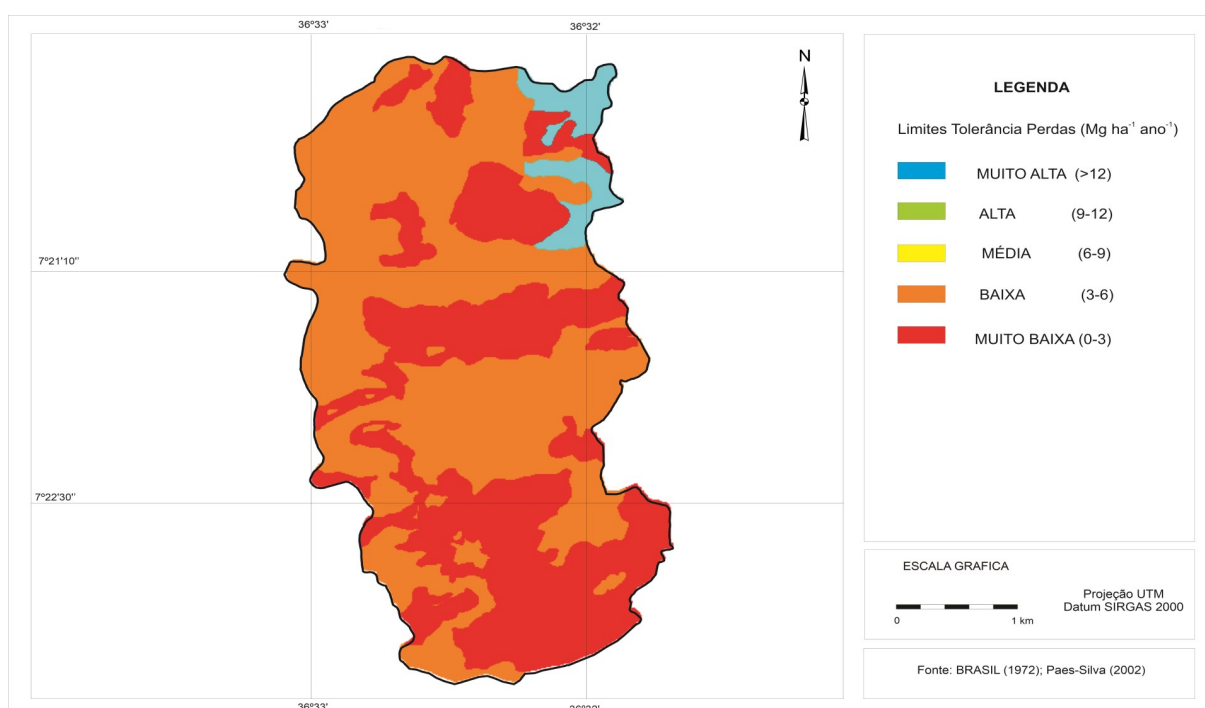
De acordo com Francisco *et al.* (2019), estes baixos valores de tolerância a perdas estão associados à baixa profundidade efetiva dos Neossolos Litólicos, bem como, ao forte gradiente textural do horizonte argílico dos Luvisolos. Estes solos também apresentam alta susceptibilidade à erosão hídrica (K), o que faz elevar o potencial natural de erosão (PNE), mesmo com o baixo potencial erosivo das chuvas (R) e do relevo plano a suave ondulado das terras da bacia (S). Estes resultados são

concordantes com as observações dos trabalhos realizados na região (CHAVES *et al.*, 2004; CHAVES *et al.*, 2015; FRANCISCO *et al.*, 2017)

Paes-Silva (2002), relata que o Neossolo Lítico são solos rasos pouco desenvolvidos, com sequência de horizonte A/C/R ou A/R. São áreas de relevo ondulado a forte ondulado em posições de topo e terço superior das áreas mais elevadas, associados a afloramento de rocha. Sua baixa profundidade efetiva associada a forte declividade torna-o mais susceptível a erosão.

Gomes *et al.* (2015) observaram que nos Neossolos em área declivosa no município de Guarabira-PB, região Agreste, os valores de perda de solos com valores médios máximos de  $3,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Estimativa de perdas de solos próximo aos valores obtidos neste trabalho.

**Figura 7 - Mapa de limites de tolerância às perdas - LTP**



**Fonte:** BRASIL (1972); Paes-Silva (2002).

A classe muito alta de limite de tolerância de perdas dos solos está associada ao Cambissolo com profundidade efetiva de 1 m, maior que os demais solos da bacia e ocorre em somente 4,62% ( $0,65 \text{ km}^2$ ) ao nordeste da bacia nas nascentes. As classes de limite de tolerância de perdas média e alta não ocorrem na área.

A tolerância de perda de solo segue a ordem do Planossolo > Vertissolo > Neossolo Flúvico > Neossolo Litólico > Luvisolo > Cambissolo (Tabela 9).

**Tabela 9** - Parâmetros dos solos utilizados para estimativa e classificação do LTP

Classe de solos	Argila (%)	rt	r	Prof. h (mm)	Altura h.r (m)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	T (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Classe
TCo - Luvissole Crômico Órtico típico	A = 11,0 e B = 32,0	1,8	0,75	550	0,413	1,32	5,445	B
Cxve - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico	A = 16,0 e B = 16	1,2	1	1000	1	1,32	13,2	MA
Vco - Vertissolo Cromado Órtico típico	A = 35,0 e C = x	1,6	0,75	150	0,113	1,32	1,485	MB
SNo - Planossolo Nátrico Órtico típico	A = 9,0 e B = 26,0	2,9	0,5	170	0,085	1,32	1,122	MB
RUve - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico solódico	A = 41,0 e C = x	X	1	150	0,15	1,32	1,98	MB
RLe - Neossolo Litólico Eutrófico típicos	A = 8,0 e R = x	X	1	200	0,2	1,32	2,64	MB
Afloramento de Rocha	A = 10,0 e C = x	X	0,75	350	0,2625	1,32	3,465	B

**Fonte:** Adaptado de Lombardi Neto e Bertoni (1975).

O Planossolo Háplico, conforme Paes-Silva (2002), apresenta como característica diagnóstica uma mudança textural abrupta entre os horizontes A e Bt. O horizonte Bt apresenta estrutura prismática, argila de atividade alta, sendo imperfeitamente drenado. A percentagem de saturação por sódio está entre 3 a 13% nos horizontes B e C (BRASIL, 1972) e ocorre em posição de topo plano.

Na Figura 8 pode-se observar área de Luvissoles da bacia em estudo em processo de perda da camada superficial localizado em área de maior declividade. Na Figura 10 observa-se o açude do Namorado nas áreas mais baixa da bacia.

**Figura 8** - Luvisolos em processo de perda da camada superficial.



**Fonte:** Imagens captadas pela autora.

**Figura 9** - Açude do Namorado



**Fonte:** Imagens captadas pela autora.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu levantar informações importantes sobre o diagnóstico físico conservacionista da bacia hidrográfica, estimando dados quantitativos do potencial natural de erosão e limite de tolerância de perdas de solo.

Os resultados retrataram com razoável fidelidade ao estado atual das terras da bacia e demonstraram que o limite de tolerância de perdas dos solos da classe muito alta ocorreram em 95,38% da bacia associada aos Luvisolos, Vertissolos, Planossolos, Neossolo Litólicos e Neossolos Flúvicos.

Quanto ao potencial natural de erosão da bacia, a classe média variou entre 50 a 250 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em 63,89% da área, influenciado pela declividade média em áreas de ocorrência dos Luvisolos.



## REFERÊNCIAS

- ABERS, R.; KECK, M. Comitês de bacia no Brasil: uma abordagem política no estudo da participação social. **Estudos Urbanos e Regionais**, v.6, n.1, 2004.
- ACCIOLY, L. J. D. O.; ARAÚJO, A. M.; SILVA, A. B. da; LOPES, H. L.; SILVA, E. A. da. Estimativas do Potencial Natural de Erosão das Terras da Bacia do Rio Ipojuca-PE. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18, 2010, Teresina. **Anais...Teresina**, 2010.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 25 de março de 2021.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Caracterização Fisiográfica e Hidroclimática do Estado da Paraíba**. Cap.2. Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/perh/relatorio\\_final/Capitulo%202/pdf/2%20%20CaracFisogHidroclimaticaPB.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/perh/relatorio_final/Capitulo%202/pdf/2%20%20CaracFisogHidroclimaticaPB.pdf). Acesso em: 18 junho 2021.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Comitê Rio Paraíba**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/rio-paraiba/>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Comitê Litoral Norte**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/litoral-norte/>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- ANA. Agência Nacional de Águas . **O Comitê de bacia hidrográfica – o que é? O que faz?** Brasília: ANA, 2011. 66p.
- ANA. BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Comitês de Bacias Hidrográficas**. Disponível em: [http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/14c8098157454aeb9e49d0bebee97c67\\_0](http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/14c8098157454aeb9e49d0bebee97c67_0). Acesso em: 03 de junho de 2021.
- ANA. . Agência Nacional de Águas. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº. 145, de 25 de dezembro de 2012**. Estabelece diretrizes para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de bacias Hidrográficas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - CNRH, 2012. 5p.
- ÁGUAS DA PARAÍBA. **Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.aguasdaparaiba.com.br>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- AGUIAR, M. I.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.270-278, 2006.

ALI, S. A.; HAGOS, H. Estimation of soil erosion using USLE and GIS in Awassa Catchment, Rift valley, Central Ethiopia. **Journal of Geoderma Regional**, v.7, n.2, p.159-166, 2016.

ALVES, J. J. A.; SOUZA, E. N.; NASCIMENTO, S.S. Núcleos de desertificação no Estado da Paraíba. **Revista RA'E GA**, n.17, p.139-152, 2009.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. DE. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB). **Ambiência Guarapuava**, v.9, n.1, p.3-23, 2013.

ALVES, T. L. B. **Caracterização física e socioambiental da microbacia hidrográfica do Riacho Namorado no município de São João do Cariri - PB**. 2012. 110f. (Tese de Doutorado em Recursos Naturais), Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologias e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba – Brasil, 2012. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/17013>

AMARAL, B. S. D.; DANTAS, J. S.; SILVA, R. M.; CARVALHO NETO, J. F. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas Estado da Paraíba. **Rev. Bras. Geografia Física**, v.7, n.4, p.691-701, 2014.

AMORE, E.; MODICA, C.; NEARING, M. A.; SANTORO, V. C. Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. **Journal of Hydrology**, v.293, p.100–114, 2004.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. 320p.

ARAUJO, L. E.; SOUZA, F. A. S.; M. NETO, J. M.; SOUTO, J. S.; REINALDO, L. R. L. R. Bacias hidrográficas e impactos ambientais. **Qualitas Revista Eletrônica**, v.1, n.8, p.1-18, 2009.

ASHIAGBOR, G.; FORKUO, E. K.; LAARI, P.; AABEYIR, R. Modeling Soil Erosion Using RUSLE and GIS Tools. **International Journal of Remote Sensing & Geoscience**, v.2, p.7-17, 2013.

AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; NORTON, L. D.; BESKOW, S.; MARTINS, S. G. Spatial distribution of water erosion risk in a watershed with eucalyptus and Atlantic Forest. **Ciência e Agrotecnologia**, v.37, p.427- 434, 2013.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p. 211- 226, 2008.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Revista Ambiência**, v.4, n.1, p.131-149, 2008.

BARBOSA, R. S.; MARQUES, J.; BARRON, V.; MARTINS, M. V.; SIQUEIRA, D. S.; PELUCO, R. G.; SILVA, L. S. Prediction and mapping of erodibility factors (USLE and

WEPP) by magnetic susceptibility in basalt-derived soils in northeastern São Paulo state, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v.78, n.1, p.12, 2019.

BARBOSA, M. P.; PEREIRA, D. D.; ARAUJO, A. E. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca**. Termo de Referência. UFCG, Campina Grande, 2005. 20p.

BARROS, E. N. S.; VIOLA, M. R.; RODRIGUES, J. A. M.; MELLO, C. R.; AVANZI, J. C.; GIONGO, M. Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.1, p.1-9, 2018.

BARROS, L. F. P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; RAPOSO, A. A. Fatores condicionantes da produção e escoamento de sedimentos na bacia do Rio Maracujá Quadrilátero Ferrífero/MG. **Revista Geografias**, v.6, n.2, p.102-117, 2010.

BARROSO, L. B.; TREVISAN, T. M.; WOLFF, D. B. Proposta de zoneamento ambiental para município de Itaara - RS. **Engenharia Ambiental**, v.12, n.1, p.123-136, 2015.

BLANCO, H.; LAL, R. **Principles of soil conservation and management**. New York: Springer, 2008. 620p.

BRANDÃO, D. **Risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do ribeirão: uma proposta metodológica**. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.

BRASIL **Instituto Nacional de Meteorologia**. INMET Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 12 março de 2021.

BRASIL. Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília: Palácio do Planalto. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 16 jun. 2021

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia, 8).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca PAN-Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

BELASRI, A.; LAKHOUILI, A. Estimation of soil erosion risk using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and geo-information technology in Oued el Makhazine watershed, Morocco. **Journal of Geographic Information System**, v.8, n.1, p.98-107, 2016.

BENITES, V. de M.; MACHADO, P. L. O. A.; FIDALGO, E. C. C.; COELHO, M. R.; MADARI, B. E. Pedotransfer functions for estimating bulk density of Brazilian soils. **Geoderma**, v.139, n.1/2, p.90-97, 2007.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livro Ceres, 1985. 368p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba, SP, Livro Ceres, 1990. 132p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ed. Ícone. 2005. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7ª ed. São Paulo: Editora Ícone., 2008, 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6ª ed. São Paulo: Ícone, 2010. 365p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014. 1450p.

BESKOW, S.; MELLO, C.R.; NORTON, L.D.; CURI, N.; VIOLA, M.R.; AVANZI, J.C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**, v.79, n.1, p.49-59, 2009.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos, SP: Editora Rima, 2003. 255p.

BOARDMAN, D. R.; WARDLAW, B. R.; NESTELL, M. K. Stratigraphy and conodont biostratigraphy of the upper carboniferous and lower permian from the North American midcontinent: **Kansas Geological Survey**. Bulletin 255. 2009. 114p.

BORDAS, M. P.; SEMMELMANN, F. R. Elementos de engenharia de sedimentos. In: TUCCI, C. E. M. (org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2.ed. Porto Alegre – RS: Editora da Universidade: 1997. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos. v.4. ABRH).

BUENO, C. R. P.; STEIN, D. P. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Brotas, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v.26, p.1-5, 2005.

CABRAL, J. B. P. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. **Caminhos de Geografia**, Brasil, v.6, n.14, p.62-69, 2004.

CÂMARA, G. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas: visão atual e perspectivas de evolução**. In: ASSAD, E.; SANO, E. (ed). Sistema de Informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 1993. 274p.

- CÂMARA, G.; MEDEIROS, C. B.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Rio de Janeiro: s.n, 1996. 193p.
- CANTALICE, J. R. B.; BEZERRA, S. A.; FIGUEIRA, S. B.; INÁCIO, E. S. B.; SILVA, M. D. R. O. Linhas isoerosivas do Estado de Pernambuco. **Revista Caatinga**, v.22, p.75-80, 2009.
- CARELLI, L.; LOPES, P. P. Caracterização fisiográfica da bacia Olhos D'água em Feira de Santana-BA: geoprocessamento aplicado à análise ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**, v.31, n.2, p.43-54, 2011.
- CARVALHO, A. P. V.; BRUMATTI, D. V.; DIAS, H. C. T. Importância do manejo da bacia hidrográfica e da determinação de processos hidrológicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.2, p.148-156, 2012.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciências, 2008. 599p.
- 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**, v.19, p.333-365, 2007.
- CASTRO, C. N. **Gestão das Águas: experiências internacional e brasileira**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. 86p.
- CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; SOUZA, P. C. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**. v.4, n.4, p.230-241, 2013.
- CASTRO, A. G.; VALÉRIO FILHO, M. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacia sob diferentes manejos florestais. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, v.21, n.1, p.419-426, 1997.
- CHAER, G.; FERNANDES, M.; MYROLD, D.; BOTTOMLEY, P. Comparative resistance and resilience of soil microbial communities and enzyme activities in adjacent native forest and agricultural soils. **Microb. Ecol.**, v.58, p.414-424, 2009.
- CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1381-1396, 2007.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F. Propriedades químicas dos solos da bacia hidrográfica do Açude Namorado, PB. **Principia**, v.10, n.14, p.68-75, 2006.
- CHAVES, I. DE B.; SLACK, D. C.; GUERTIN, D. P.; LOPES, V. L. Estimativa da erodibilidade e sua relação com outros atributos dos solos do Estado da Paraíba. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 15, 2004, Santa Maria. Anais...Santa Maria, 2004.

CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F. **Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na bacia escola do açude Namorado e diagnóstico do uso e degradação das terras**. Campina Grande, 2002, 114p. (Relatório Técnico).

CHAVES, I. B.; DINIZ, E. J. **Erosividade das chuvas no Estado da Paraíba**. In: **Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo**, 1981, Recife Anais...Recife, 1981.

CHAVES, I. DE B.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. DE; CHAVES, L. H. G. Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. **Revista Caatinga**, v.28, n.1, p.183-195, 2015.

CERH. Resolução Nº 03, de 05 de novembro de 2003. **Áreas de atuação dos Comitês**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2017/07/Resolu%C3%A7%C3%A3o-N%C2%BA-03-de-05-denovembro-de-2003-CERH.pdf> Acesso em: 18 jun. 2021.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1981. 188p.

COGO, N. P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo 21, 1988, Campinas. **Anais...Campinas**, 1988.

COLODRO, G.; CARVALHO, M. P.; ROQUE, C. G.; PRADO, R. M. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodora Sampaio (SP). **Rev. Bras. Cienc. Solo**, v.26, n.3, p.809-818, 2002.

COSTA, H. A.; BURSZTYN, M. A. A.; NASCIMENTO, E. P. do. Participação social em processos de avaliação ambiental estratégica. **Revista Sociedade e Estado**, v.24, n.1, p.89-113, 2009.

COUTINHO, M. D. L.; COSTA, M. S.; SILVA, A. R.; SANTOS, T. S.; GOMES, A. C. S.; MORAES, M. D. C.; SANTOS, P. V. Balanço hídrico mensal para dois municípios do estado da Paraíba. **Revista Ciência e Natura**, v.37, n.4, p.160-170, 2015.

COUTO, B. O. C. **Análise de erodibilidade em taludes com horizontes resistentes e suscetíveis aos processos erosivos**. 124f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2015.

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v.74, p.224-233, 2015.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Estimativa de perda de solos por erosão laminar e linear na bacia hidrográfica do Ribeirão das Perobas (SP), nos anos 1962 e 2011. **Revista Ra'Ega**, v.46, p.110-131, 2019.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba.** 114f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1990.

DONZELLI, P. L.; NOGUEIRA, F. P.; ROTA, C. L.; COELHO, A. G. S.; VIEIRA, S. R.; LOMBARDI NETO, F.; VAL, L. A.; PRADO, H.; STEIN, D. P.; GIMENES, A. F.; PONSANO, W. L.; NOVAIS SANTOS M. T.; XIMENES, F.; SANTORO, E.; CARSTRON, F. C.; PIRES, F. A.; VALERIO, F. M.; PINTO, S. A.; BERTOLDO, M. A.; RIEDEL, P. S.; LAMPARELLI, R. A. Potencial natural e antrópico à erosão laminar. In: Orientação para o combate à erosão no estado de São Paulo (Bacia do Peixe-Parapanema). Cooperação técnica. IPTDAEE/IAC-INPE. **Relatório IPT no 24.739**, São Paulo, 1987.110p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Voluntary Guidelines for sustainable soil management food and agriculture organization of the united nations.** Rome – Italy, 2017.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1116677/>. Acesso em: 10 jun. 2021.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas.** 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

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). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; BARRETO, H. T. S. Vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto rio Paraíba. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019b

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B. Modelo para estimativa da vulnerabilidade à desertificação. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.32, n.2, p.37-50, 2017.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; MORAES NETO, J. M. DE; LIMA, V. L. A. DE; BARRETO, H. T. S. Índice de deterioração das terras semiáridas aplicado no mapeamento da bacia do Alto rio Paraíba. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019a.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; MORAES NETO, J. M. DE; LIMA, V. L. A. DE; BARRETO, H. T. S. Erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Paraíba. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 6, 2019, Palmas. **Anais...Palmas**, 2019c.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. DE; SILVA, B. B. DA. **Modelo de mapeamento da deterioração das terras semiáridas.** In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.2, p.233-249, 2012.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; MORAES NETO, J. M. DE; LIMA, V. L. A. DE; BARRETO, H. T. S. Erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Paraíba. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019c.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; MORAES NETO, J. M. DE; LIMA, V. L. A. DE; BARRETO, H. T. S. **Índice de deterioração das terras semiáridas aplicado no mapeamento da bacia do Alto rio Paraíba.** In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; BARRETO, H. T. S. Vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto rio Paraíba. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES; I. DE. B.; CHAVES; L. H. G.; BRANDÃO; Z. N.; LIMA; E. R. V. DE; SILVA, B. B. DA. Mapeamento da vulnerabilidade das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.2, p.271-286, 2013.

FELGUEIRAS, C. A. A tecnologia SPRING, breve histórico, status atual e evolução. In: **Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, 1, Campo Grande. Anais...Campo Grande: INPE, 2006.

FERREIRA, M. B.; SALLES, A. O. T. Política ambiental brasileira: análise histórico institucionalista das principais abordagens estratégicas. **Revista de Economia**, v.43, n.2, p.1-17, 2016.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2008. 160p.

GALINDO, I. C. L; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A. V. S.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. A. L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1283-1296, 2008.

GARCIA, Y. M. **Aplicação do Código Florestal como subsídio para o planejamento ambiental na bacia hidrográfica do Córrego do Palmitalzinho - Regente Feijó - São Paulo.** 145f. Trabalho de Conclusão (Bacharelado - Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2011.



GARDIMAN JÚNIOR, B. S.; COUTO, D. R.; SOUZA, F. B. C.; SANTOS JUNIOR, G. N. dos; SANTOS, A. R. dos. Perda de solo por erosão hídrica em áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica Córrego do Horizonte, Alegre, Espírito Santo. **Engenharia Ambiental**, v.9, p.21-34, 2012.

GASS, S. L. B.; VERDUM, R. Subsídios ao zoneamento ambiental do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n.28, p.78-102, 2016.

GIORDANO, M.; SHAH, T. From IWRM back to integrated water resources management. **International Journal of Water Resources Development**, v.30, n.3, p.364-376, 2014.

GOMES, V. DOS S.; DANTAS, W. M.; BARBOSA, M. A. DA S.; VENDRUSCOLO, J.; ABRANTES, E. G. DE; FÉLIX, V. J. DE L. Tolerância à perda de solo para o município de Guarabira-PB. *In*: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo 35, 2015, Natal. **Anais...Natal**, 2015.

GUIMARÃES, C. C. B.; VALLADARES, G. S.; MARTINS, C. M. Uso das terras e declividade no Sertão central do Ceará, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**, v.24, n.1, p.3-18, 2016.

GRIMM, M.; JONES, R. J. A.; MONTANARELLA, L. Soil erosion risk in Europe. European Soil Bureau. **Institute for Environment and Sustainability**. Italy: Joint Research Centre, 2002. 40p. Disponível em: <http://www.env-educ.gr/Documents/Soil%20Erosion%20Risk%20in%20Europe.pdf>

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 março de 2021.

JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P.; SILVA-SÁNCHEZ, S. Governança da água e inovação na política de recuperação de recursos hídricos na cidade de São Paulo. **Caderno Metrópole**, v.17, n.33, p. 61-81, 2015

JACOBI, P. R.; BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Katál**, v.10, n.2, p.237-244, 2007.

JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P. Comitês de bacias hidrográficas no Brasil: desafios de fortalecimento da gestão compartilhada e participativa. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.11-12, p.41-49, 2005.

JARDIM, A. M. DA R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. DO N.; SILVA, M. J. DA; MORAIS, J. E. F.; SILVA, T. G. F. DA. Estimativas de perda de solo por erosão hídrica para o município de Serra Talhada, PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.2, n.3, p.186-193, 2017.

JEFFREY, P.; GEAREY, M. Integrated water resources management: lost on the road from ambition to realisation? **Water Science & Technology**, v.5, n.1, p.1–8, 2006.

JENKINS, A.; PETERS, N. E.; RODHE, A. Hydrology. In: MOLDAN, B.; CERNY, J. (coords.). **Biogeochemistry of small catchments: A tool for environmental research**. Chichester: John Wiley, 1994, p.31-34.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica**: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: IBAMA, 2003. 170p.

LEAL, I. O. J. **Avaliação do processo de gestão participativa de recursos hídricos na bacia do Rio Itapicuru**: o caso da microrregião de Jacobina - BA. 145f. Dissertação (Mestrado Centro de Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília. Brasília, 2004.

LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-Lugar**, v.3, n. 6, p.65-84, 2012.

LICCO, E. A.; MAC DOWELL, S. F. Alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, v.5, n.3, p.159-174, 2015.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v.51, p.189-196, 1992.

LOPES, E. R. N. **Zoneamento ecológico-econômico: diretrizes, parâmetros e técnicas para a gestão ambiental de bacias hidrográficas**. 173f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual Paulista. Sorocaba, 2018.

MANTOVANI, V. A.; AMORIM, J. S.; RODRIGUES, A. F.; JUNQUEIRA, R.; CARVALHO, R. N.; OLIVEIRA, A. S. Estimativas da taxa de entrega de sedimentos e áreas susceptíveis à erosão em uma bacia hidrográfica no sul de Minas Gerais – Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v.16, n.2, p.1-10, 2018.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.395-403, 2003.

MEDEIROS, R. M. DE; BORGES, C. K.; FRANCISCO, P. R. M.; GOMES FILHO, M. F. Variabilidade pluviométrica em São João do Cariri–PB. IN: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia 1, 2014, Teresina. **Anais...Teresina**, 2014.

MELO, A. S. T. DE; RODRIGUEZ, J. L. **Paraíba, desenvolvimento econômico e a questão ambiental**. João Pessoa: Grafiset, 2003. 208p.

MELLO, G.; BUENO, C. R. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.315–322, 2005.

MELLO, C. R. **Estudo hidrológico em microbacia hidrográfica com regime de escoamento efêmero**. 133f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. The expansion of Brazilian agriculture: Soil erosion scenarios. **International Soil and Water Conservation Research**, v.1, n.3, p.37-48, 2013.

MIQUELONI, D. P.; BUENO, C. R. P.; FERRAUDO, A. S. Análise espacial dos fatores da equação universal de perda de solo em área de nascentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1358-1367, 2012.

MORAES, M. E. B. **Zoneamento ambiental de bacias hidrográficas: uma abordagem metodológica aplicada na Bacia do Rio Bonito (SP)**, 130f. Tese (Doutorado). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2003.

MORAIS, R. C. S.; SILVA, A. J. O. Estimativa do potencial natural de erosão dos solos na bacia hidrográfica do rio Longá. **GEO Temas**, v.10, p.116-137, 2020.

MORAIS, L. G. B. DE L.; FRANCISCO, P. R. M.; MELO, J. A. B. DE. Análise da cobertura vegetal das terras de região semiárida com o uso de geotecnologias. **Polêmica**, v.13, n.3, p.1345-1363, 2014.

MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. S. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Rev. Bras. Cienc. Solo**, v.1, n.1, p.713-726, 2003.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3. ed. Londres: Blackwell Science, 2005. 304p.

MOURA, M. T. M. **Uso e cobertura vegetal em Áreas de Preservação Permanente (APP) da bacia de captação do açude João Lira Magalhães, Itapajé-CE**. 62f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento aplicado à Análise Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2016.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2014, 286p.

NASCIMENTO, C. W. A. DO; CHAVES, I. B. Erosividade e características da chuva correlacionadas com perdas de solo em Alagoinha-PB. **Ciência Rural**, v.26, n.3, p407-412, 1996.

NOGUEIRA, F. P. **Uso agrícola sustentado das terras do município de Vera Cruz, SP: proposta metodológica**. 84f. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2000.

OLIVEIRA, F. G.; SERAPHIM, O. J.; BORJA, M. E. L.. Estimativa de perdas de solo e do potencial natural de erosão da bacia de contribuição da microcentral hidrelétrica do Lageado, Botucatu–SP. **Irriga**, v.20, p.363-370, 2015.

OLIVEIRA, F. G.; SERAPHIM, O. J.; BORJA, M. E. L. Geotecnologias aplicadas a simulação de perdas de solo por erosão hídrica. *In: JORNADAS DA AMÉRICA LATINA E DO CARIBE DE gvSIG*, 6, 2014, São Paulo. Anais...São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO, T.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.8, p.819-825, 2010.

OLIVEIRA, S. N.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SILVA, T. M.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F.; SILVA, N. C. Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrologicamente corrigido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.8, n.1, p.3-21, 2007.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação – UNCCD**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental, 1995. 55p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/agenda2030/undp-br-Agenda2030-completo-ptbr-2016.pdf>. Acesso em: 23 jun 2021.

PROGRAMA DE AÇÃO ESTADUAL DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA SECA (Paraíba). João Pessoa: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Administração do Meio Ambiente, 2011. 146p.

PAES-SILVA, A. P. **Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do açude Namorado no Cariri paraibano**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2002.

PAES-SILVA, A. P.; CHAVES, I. DE B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do açude Namorado no Cariri Oriental Paraibano. **Agropecuária Técnica**, v.24, n.1, p.47-59, 2003.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA–PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-EletoConsult Ltda., 1978. 448p.

PHAM, T. G., DEGENER, J.; KAPPAS, M. Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam. **International Soil And Water Conservation Research**, v.6, n.2, p.99-110, 2018.

PEDRO, F. G.; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos– SP. **Rev. Bras. Cartografia**, v.56, p.28–33, 2004.

PEREIRA, D. S. P.; JOHNSON, R. M. F. Descentralização da gestão dos recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v.2, n.1, p.53-72, 2005.

PERES, R. B.; CHIQUITO, E. A. Ordenamento territorial, meio ambiente e desenvolvimento regional: novas questões, possíveis articulações. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v.14, n.2, p.71-86, 2012.

PIRES, F. R. M. Arcabouço Geológico. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, J. A. T. (Orgs.) **Geomorfologia do Brasil**. 5. ed. Bertrand, 2009. 392p.

PIROLI, E. L. Prefácio à primeira edição. In: BENINI, S. M. (Org.). **Uso de Sistemas de Informação Geográfica na análise ambiental em bacias hidrográficas**. Tupã, SP: Editora ANAP, 2015, 139p.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Revista Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.43-60, 2008. Disponível em:

POSTHUMUS, H.; DEEKS, L. K.; RICKSON, R. J.; QUINTON, J. N. Costs and benefits of erosion control measures in the UK. **Soil Use Management**, v.31, n.1, p.16-33, 2015.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2.ed. Viçosa – MG: Editora da UFV, 2009. 279p.

RANZINI, M.; LIMA, W. P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas desolo em duas microbacias reflorestadas com Eucalyptus, no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**, n.61, p.144-159, 2002.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; MCCOOL, D. K.; YODER, D. C. (Coord). Predicting Soil Erosion by Water: **A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Ed. Agriculture Handbook n.703,.1997.407p.

RICKSON, R. J.; DEEKS, L. K.; GRAVES, A.; HARRIS, J. A. H.; KIBBLEWHITE, M. G.; SAKRABANI, R. Input constraints to food production: the impact of soil degradation. **Food Security**, v.7, p.351–364, 2015.

ROCHA, A. S; NÓBREGA, M. T.; CUNHA, J. E.; BADE, M. R. Mapeamento da Capacidade de Uso das Terras na Bacia Hidrográfica do Paraná: Contribuições para o planejamento rural a ambiental. **Revista Caminhos da Geografia**, v.19, n.68, p.266-285, 2018.

ROCHA, R. M.; LUCAS, A. A. T.; ALMEIDA, C. A. P.; MENEZES NETO, E. L.;AGUIAR NETTO, A. O. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.9, n.2, p.271-287, 2014.

RODRIGUES, M. T. **Comportamento de Sistemas de Informações Geográficas por meio de classificação supervisionada em diferentes bacias hidrográficas**. 101f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2015.

RODRIGUES, L. C.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem da bacia do Rio Queima-Pé, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.32, p.52-64, 2014.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da geoecologia da paisagem. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E (org.). **Diálogos em Geografia Física**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011. 206p.

RUFINO, R. L.; BISCAIA R. C. M.; MERTEN, G. H., Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. Manejo e conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.3, p.439-450, 1993.

SANTOS, W. M.; SOUZA, R. M. S. S.; SOUZA, E. S.; ALMEIDA, A. Q.; ANTONINO, A. C. D. Variabilidade espacial da sazonalidade da chuva no semiárido brasileiro. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.2, n.4, p.368-376, 2017.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004. 184p.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGUAI, M. R. V. B.; BUBA, O; KISHI, R. T; MARONE, E; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: CEHPAR, 2001. 372p.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**, v.22, n.1, p.93-113, 2005.

SREEDEVI, P. D.,; SREEKANTH, P. D.; KHAN, H. H.; AHMED, S. Drainage morphometry and its influence on hydrology in a semi-arid region: Using SRTM data and GIS. **Environmental Earth Science**, v.70, n.2, p.839–848, 2013.

STRECK, M. T.; ESSI, L. Áreas de preservação permanente e reserva legal: experiência em educação ambiental envolvendo famílias de produtores rurais. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.14, n.14, p.2832-2838, 2013.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; OLIVEIRA, R. A.; LOURENÇO, R. W. Metodologia para análise do potencial de degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. **Caderno de Geografia**, v.27, n.50, p.455-466, 2017.

SILVA, V. M. DE A.; MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; TAVARES, A. L.; PATRÍCIO, M. DA C. M.; BORGES, C. K. Avaliação do índice da erosividade da chuva no município de Cabaceiras visando à captação pluvial. In: **Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, 8, 2012, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2012.

SILVA, A. M. Potencial natural de erosão no Município de Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e infraestructura Civil**, v.8,p.5-14, 2008.

SILVA, A. M.; DE MARIA, I. C. Erosão em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.**, v.15, n.6, p.554-561, 2011.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. 2ed. São Carlos: Rima, 2007. 158p.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos avançados**, v.10, n.47, p. 129-145, 2003.

SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.10, n.1, p.5-23, 2005.

SOCO. **Agricultura sustentável e conservação dos solos: Processos de degradação do solo**. Comunidades Européias: Soco, n.2, 2009. Bienal. Erosão Hídrica e Compactação. Disponível em: <http://soco.jrc.ec.europa.eu/documents/PTFactSheet-02.pdf>. Acesso em: 15 jun 2021.

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, p.491-507, 2019.

SPAROVEK, G; WEILL, M. A. M. Estudo da erosão na Microbacia do Ceveiro (Piracicaba – SP): I - estimativa de taxas e perdas de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do Modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2008. p.801-814.

TAVARES FILHO, J. **Física e conservação do solo e água**. Londrina: Editora Eduel, 2016. 256p.

TELES, M. M. F. **Cobertura vegetal do município de São João do Cariri - PB: I – Distribuição espacial da Caatinga II – Uso de lenha como fonte de energia**. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2005.

TEIXEIRA, M. B.; TEIXEIRA, C. DE; LUIZ, P.; MARTINS JUNIOR, P. P. Avaliação da perda universal de solos para o município de São Francisco - Minas Gerais. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.11, p.67-78, 2017.

THOMAZ, E. L. The influence of traditional steep land agricultural practices on runoff and soil loss. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.130, n.1, p.23-30, 2009.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.7- 16, 2008.

VALLADARES, G. S.; GOMES, A. S.; TORRESAN, F. E.; RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1376-1383, 2012.

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**, v.13, p.1117-1131, 2020.

VAREJÃO-SILVA M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE M. H.; SILVA, B. B. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba**. UFPB, Campina Grande, 1984.

VESTENA, L. R. **Análise da relação entre a dinâmica de áreas saturadas e o transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica por meio de monitoramento e modelagem**. 268f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

VISCHI FILHO, O. J.; CORSATO, L. G.; QUIESSI, J. A.; KANNO, O. Y.; PENTEADO, R. B.; ARABORI, R. M.; BELORTE, R. C. C.; LIMA, M. E. Diagnóstico e reabilitação agroambiental de trecho de bacia hidrográfica por sensoriamento remoto e turbidez da água. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.9, n.51, p.1099-1109, 2016.

WALLING, D. E. The changing sediment loads of the world's rivers. *Annals of Warsaw of Life Sciences – SGGW*. **Land Reclamation**, v.39, p.3-20, 2008.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning**. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, n.357, 1978. 58p.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. W. A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.26, n.5, p.189-193, 1971.

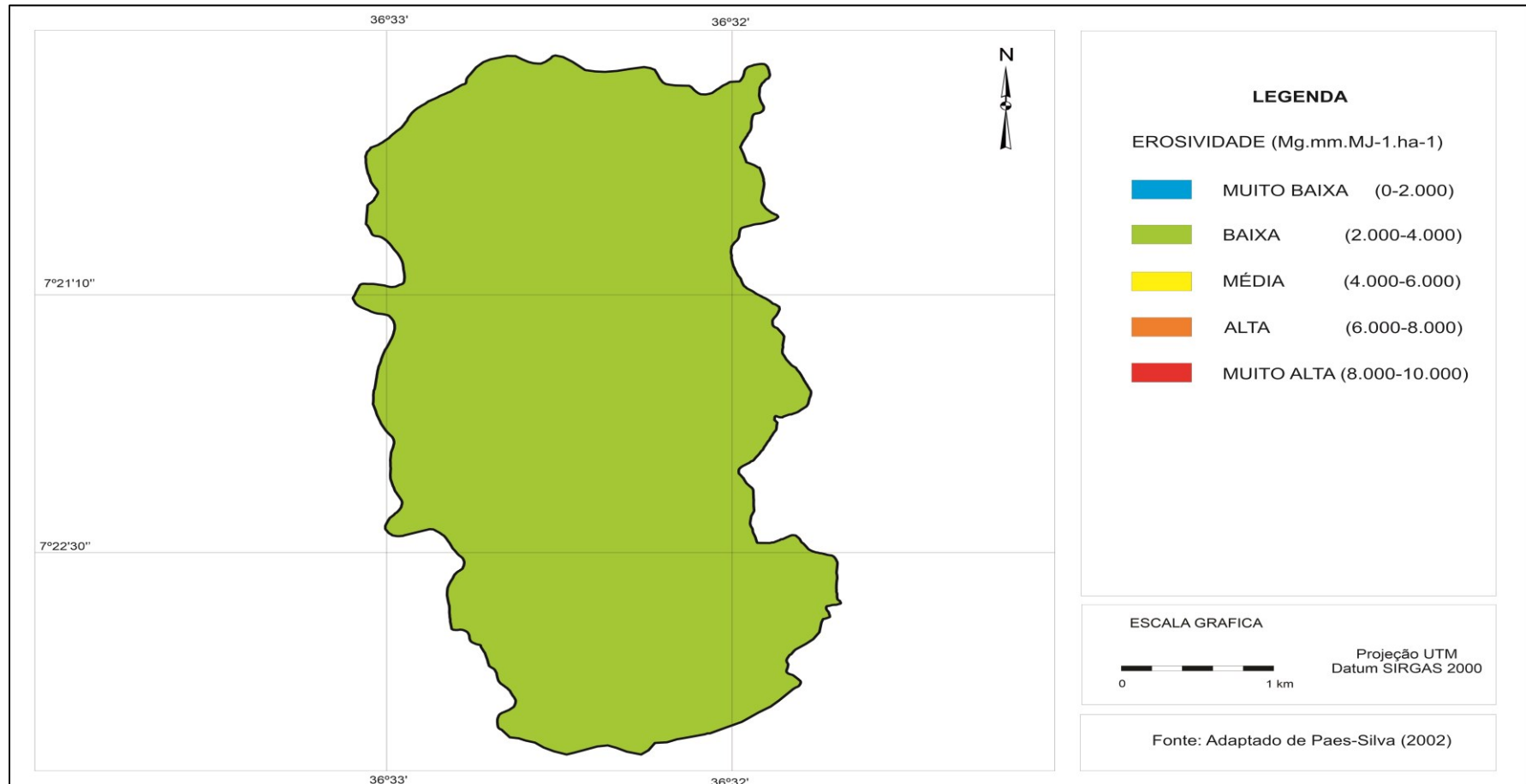
WMO. **Monitoring, Assessment and Combat of Drought and Desertification**. Report prepared by CAgM-IX Working Group on Monitoring, Assessment and Combat of Drought and Desertification. CAgM Report No. 47. WMO TD No. 505, World Meteorological Organization, Geneva, 1992. Disponível em: [https://library.wmo.int/?lvl=notice\\_display&id=10880#.YUKCebhKjIU](https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=10880#.YUKCebhKjIU). Acesso em: 26 jun. 2021.

WWF-BRASIL. **Caatinga**. Disponível em: <http://www.wwf.org.br>. Acesso em: 26 jun. 2021.



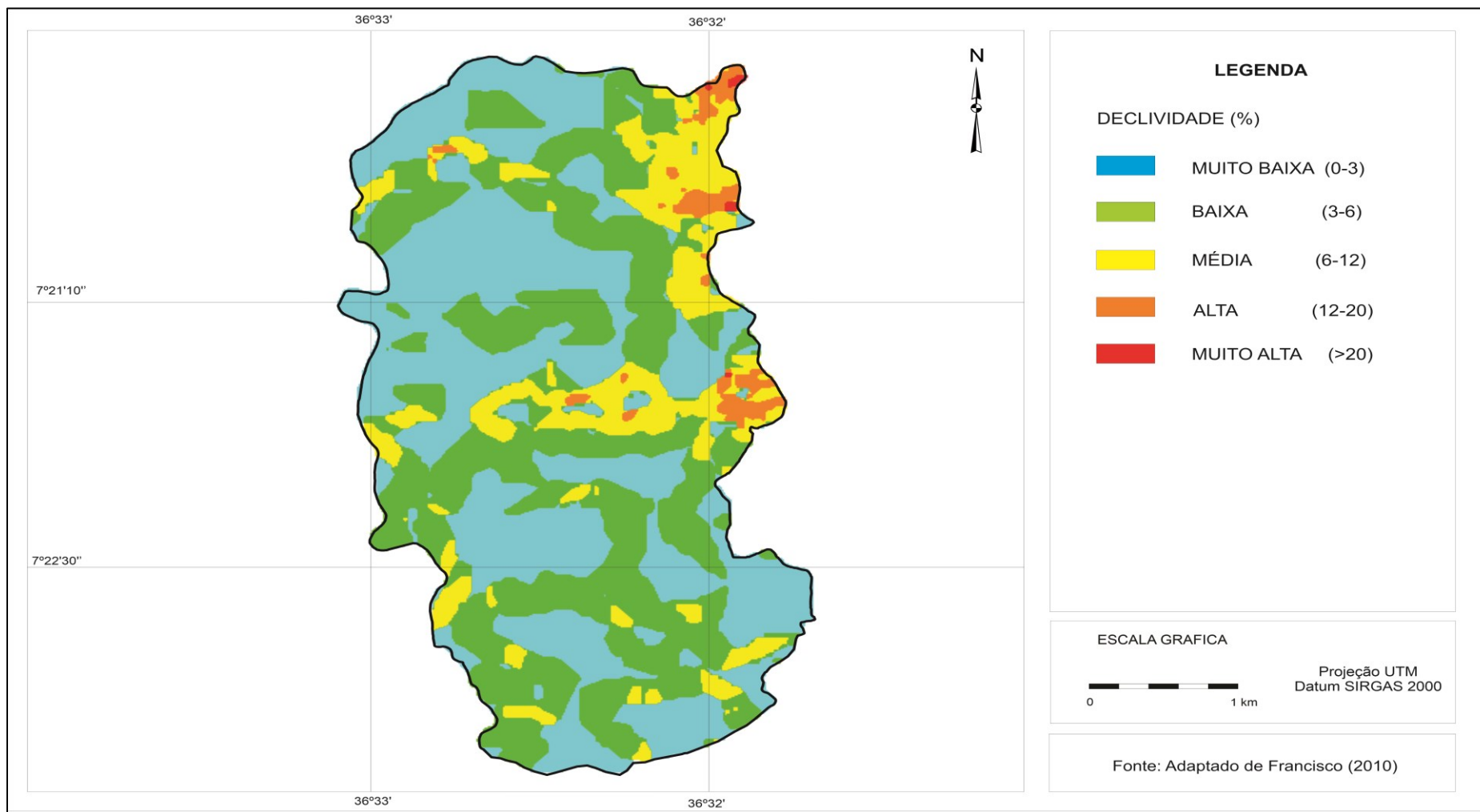
## **APÊNDICE A - MAPAS**

Como apresentado na pesquisa a bacia hidrográfica é a unidade natural terrestre, sendo de suma importância conhecer, para reconhecer e estudar as inter-relações existentes. Partindo desse conhecimento foi possível gerar mapas que permitem identificar na bacia hidrográfica do açude Namorado os índices: Erosividade; Declividade; Erodibilidade; Potencial natural a erosão; Limite de tolerância a perdas.

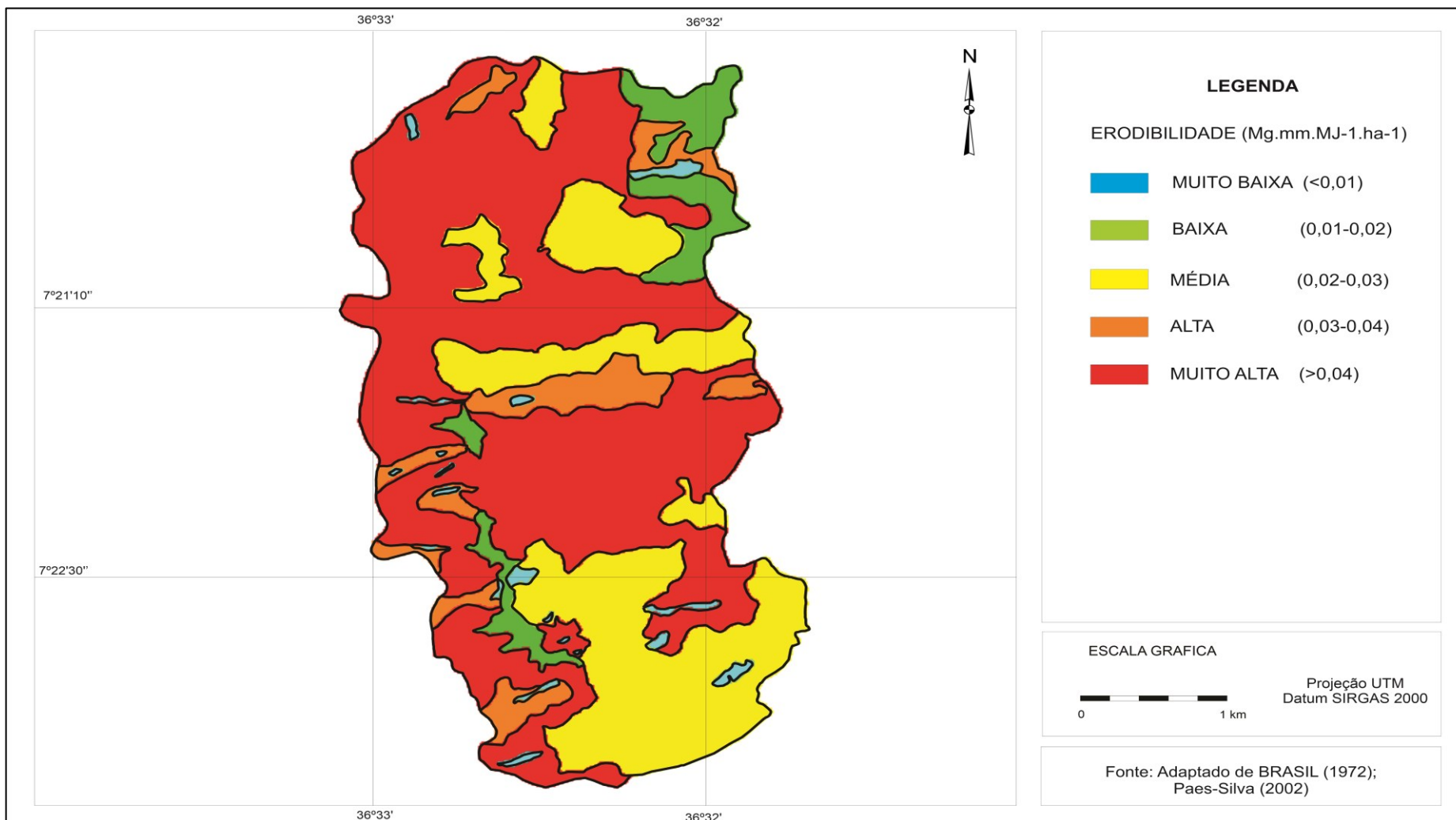
**MAPA DE EROSIVIDADE MÉDIA ANUAL DA CHUVA – FATOR R.**

Fonte: Adaptado de Paes-Silva (2002).

## MAPA DE DECLIVIDADE – FATOR S.

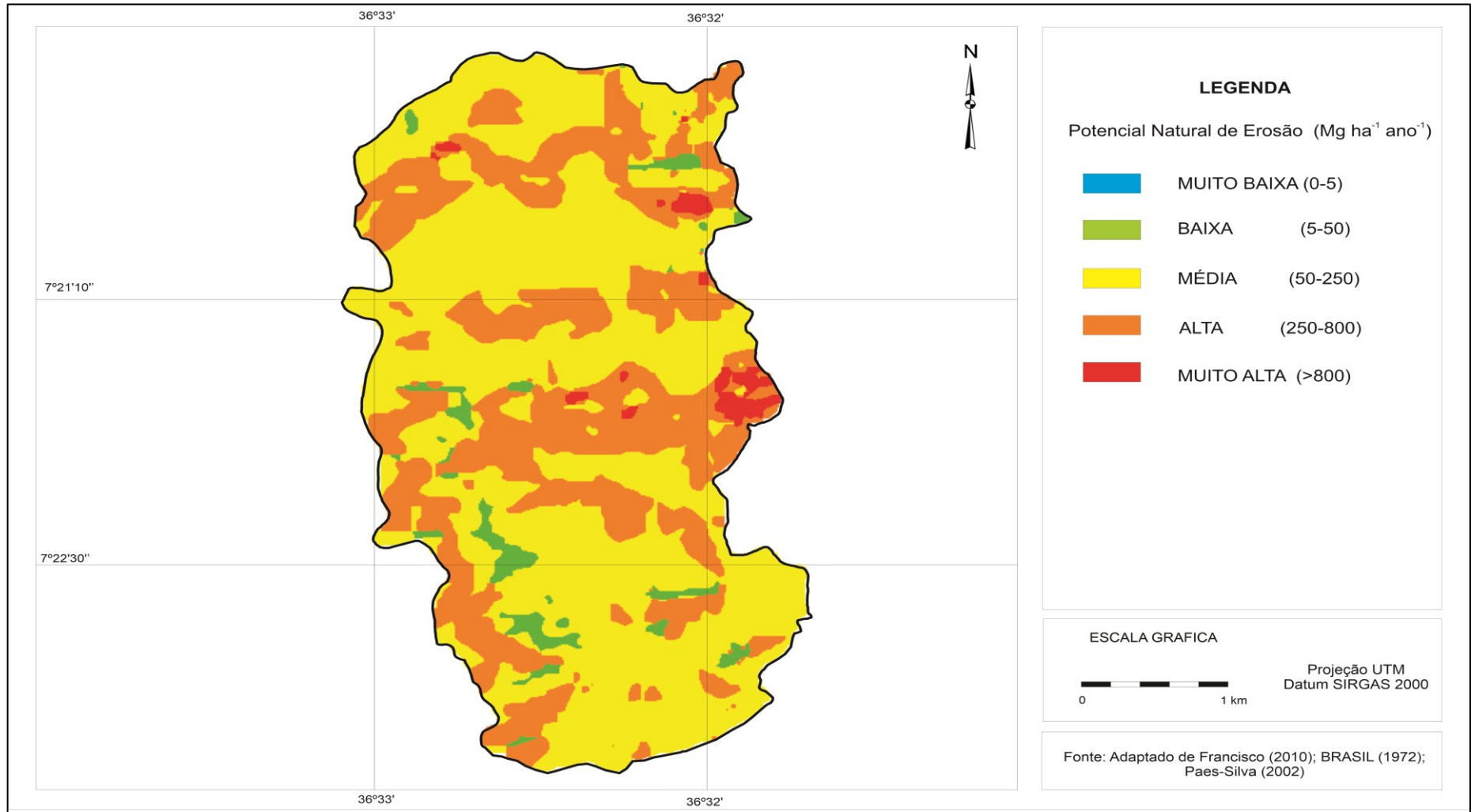


Fonte: Adaptado de Francisco (2010).

**MAPA DE ERODIBILIDADE DOS SOLOS – FATOR K.**

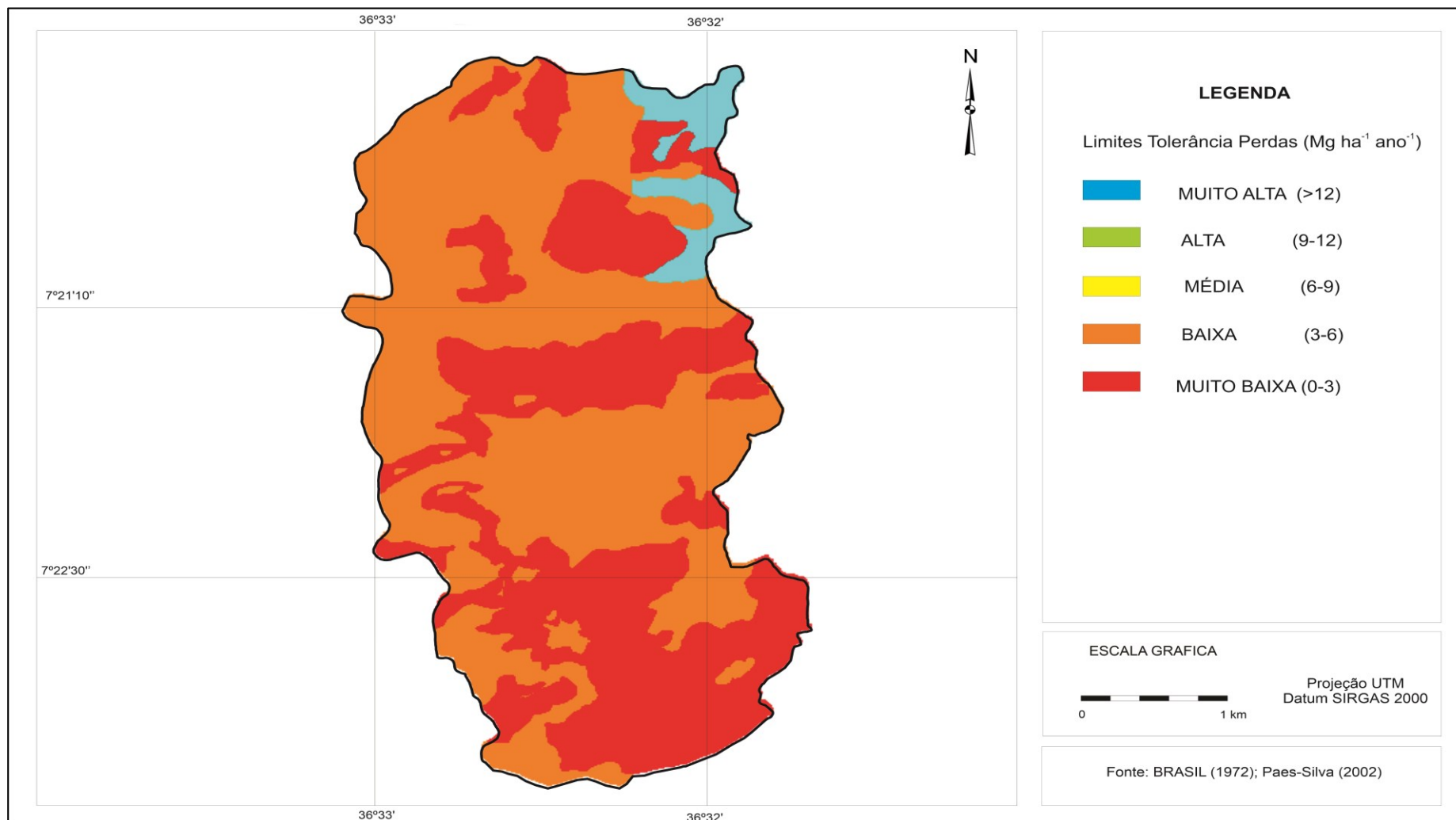
Fonte: Adaptado de Brasil (1972); Paes-Silva (2002).

## MAPA DO POTENCIAL NATURAL À EROÇÃO - PNE.



**Fonte:** Adaptado de Francisco (2010); BRASIL (1972); Paes-Silva (2002).

## MAPA DE LIMITES DE TOLERÂNCIA ÀS PERDAS - LTP



Fonte: BRASIL (1972); Paes-Silva (2002).