



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DO SERIDÓ
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - GEOCERES**

**SUSCEPTIBILIDADE DO TERRITÓRIO DO GEOPARQUE SERIDÓ A
PROCESSOS EROSIVOS**

EDSON HELDER SILVA DE MENEZES

CAICÓ
2022

EDSON HELDER SILVA DE MENEZES

SUSCEPTIBILIDADE DO TERRITÓRIO DO GEOPARQUE SERIDÓ A PROCESSOS
EROSIVOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Pós-graduação em Geografia do Centro de Ensino Superior do Seridó, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. José Yure Gomes dos Santos.

Coorientador: Prof. Dr. Marco Túlio Mendonça Diniz.

CAICÓ-RN

2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Profª. Maria Lúcia da Costa Bezerra - -CERES- - Caicó

Menezes, Edson Helder Silva de.

Susceptibilidade do território do Geoparque Seridó a processos erosivos / Edson Helder Silva de Menezes. - Caicó, 2022.

88f.: il. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ensino Superior do Seridó. Programa de Pós-Graduação em Geografia - GEOCERES.

Orientador: Prof. Dr. José Yure Gomes dos Santos.

Coorientador: Prof. Dr. Marco Túlio Mendonça Diniz.

1. Perdas de solo - Dissertação. 2. Equação Universal de Perda de Solo (USLE) - Dissertação. 3. Estimativa - Dissertação. I. Santos, José Yure Gomes dos. II. Diniz, Marco Túlio Mendonça. III. Título.

RN/UF/BS CERES

CDU 911.2:55(813.2)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - CERES - FPG

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 1/2022 - PPGeo-FGP (11.23.00.46)

Nº do Protocolo: 23077.148751/2022-31

Caicó-RN, 04 de novembro de 2022.

Ata de DEFESA DE DISSERTAÇÃO do Programa de Pós-Graduação em Geografia – GEOCERES do Centro de Ensino Superior do Seridó da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO - Nº (15)

Às catorze horas (14:00) do dia trinta e um de outubro de dois mil e vinte e dois (31/10/2022), através de plataforma virtual *Google Meet*, instalou-se a Banca para DEFESA DE DISSERTAÇÃO de mestrado do aluno **EDSON HELDER SILVA DE MENEZES**. A banca examinadora foi composta pelo Professor **Dr. Richarde Marques da Silva (UFPB)**, examinador externo à Instituição, Professor **Dr. Saulo Roberto de Oliveira Vital (UFPB)**, examinador interno ao Programa, Professor **Dr. Marco Túlio Mendonça Diniz (UFRN)**, coorientador e membro interno ao Programa e Professor **Dr. José Yure Gomes dos Santos (UFRN)**, orientador. Deu-se início à abertura dos trabalhos, por parte do Professor **Dr. José Yure Gomes dos Santos**, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, solicitou ao candidato que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada “**SUSCEPTIBILIDADE DO TERRITÓRIO DO GEOPARQUE SERIDÓ A PROCESSOS EROSIVOS**”, marcando um tempo de 30 minutos para a apresentação. Concluída a exposição, o presidente passou a palavra a banca, para que fizessem as suas intervenções; após o que, fez suas considerações sobre o trabalho em julgamento; tendo sido **APROVADO** o candidato, conforme as normas vigentes na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa, no prazo de 60 (sessenta) dias; contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora e constante na folha de correção anexa. Conforme o Artigo 46 da Resolução 197/2013 - CONSEPE, o candidato não terá o título se não cumprir as exigências acima.

Prof. Dr. JOSÉ YURE GOMES DOS SANTOS

Orientador e Presidente

Prof. Dr. MARCO TÚLIO MENDONÇA DINIZ

Coorientador e Membro Interno

Prof. Dr. SAULO ROBERTO DE OLIVEIRA VITAL

Membro Interno

Prof. Dr. RICARDE MARQUES DA SILVA

Membro Externo

EDSON HELDER SILVA DE MENEZES

Mestrando

Dedico aos meus pais, familiares e amigos que me incentivaram, ajudaram e colaboraram com esse mestrado.

AGRADECIMENTOS

Embora este seja um trabalho autoral, ele não é totalmente individual. A contribuição e colaboração de algumas pessoas foram primordiais para que fosse possível finalizá-lo. São muitas pessoas, mas quero citar algumas que foram importantes durante o período do mestrado e algumas que foram importantes para que fosse possível chegar até o mestrado.

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada disso teria sido possível. Grato pelo dom da vida, por toda sabedoria que me deste e por todas as vezes que ouviu minhas orações. Acredito que tudo acontece no tempo certo.

Agradeço também aos meus pais, Edimar Antônio de Menezes e Francisca Maria da Silva. Sem todo amor, carinho e educação que me deram, talvez isso nem teria sido possível ser realizado. Apesar da pouca educação que infelizmente eles tiveram, nunca deixaram de me incentivar e apoiar para que eu continuasse estudando, pois sempre souberam que a educação e o conhecimento são as coisas mais importantes que alguém pode ter. Aproveito para agradecer também ao meu irmão, Elison Heudes Silva de Menezes, por todo convívio e por ter sido aquele que me ajudou no primeiro ano da minha primeira graduação, doando uma quantidade do seu pequeno salário para que eu pudesse comprar os materiais para estudar. Gratidão a todos! Amos.

À minha namorada, Débora Alves de Sousa, por todo amor, carinho e todo incentivo para que eu sempre continuasse a seguir em frente e finalizar esse mestrado. Obrigado! Amora.

Aqui também deixo o meu agradecimento ao meu orientador, professor José Yure Gomes dos Santos. Grato por toda paciência e colaboração na construção dessa dissertação. Aproveito para agradecer a colaboração do professor Marco Túlio Mendonça Diniz pela colaboração na qualidade de coorientador dessa pesquisa acadêmica. Gratidão a todos.

Agradeço ao professor Richarde Marques da Silva, que vem colaborando com este trabalho desde quando ele era apenas um pequeno projeto a ser apresentado na disciplina de Seminário de Dissertação. Suas contribuições foram imensamente relevantes para o a construção do que se tornou essa dissertação. Agradeço também ao professor Saulo de Oliveira Vital, meu primeiro orientador quando fui aluno do bacharelado em geografia do CERES. Grato também por todas as sugestões e colaborações que foram feitas para a construção desse trabalho.

Agradeço aos colegas que foram e ainda são membros do Laboratório de Geoprocessamento e Geografia Física (LAGGEF), sendo eles: Fernando Borges, Matheus

Dantas, Jucielho Pedro da Silva, Douglas Medeiros e Anderson Silva. Quero ainda agradecer aos amigos que me ajudaram de forma direta e contribuíram para que eu chegasse até aqui, em especial, Isa Delgado, por toda colaboração e paciência para comigo, na sua imensa sabedoria em me ensinar a construir um pré-projeto de mestrado, para que assim conseguisse uma vaga no programa de pós-graduação; Raiane Araújo por todo incentivo e companhia durante a construção do projeto de mestrado, assim como durante as aulas e por todas as vezes que me fez acreditar que esse sonho seria possível. Agradeço à Flávia Dantas, que assim como as demais que já foram citadas, também me ajudou, me incentivando a não desistir, mesmo quando esse objetivo ainda parecia distante e inalcançável para mim. Sem esquecer ainda de Diogo Bernardino, pessoa inestimável que colaborou com suas aulas sobre geografia clássica, que foram de grande valia para que eu conseguisse passar na prova. Agradeço também por sua contribuição, em especial com o mapa de uso e ocupação do solo, além da companhia durante o campo de validação do mapa e pelas incríveis imagens aéreas feitas com o drone. Grato também à Carol Souza, minha orientadora no Trabalho de Conclusão de Curso do bacharelado em geografia, que por vez ou outra me ajudou a sanar algumas dúvidas em relação à minha dissertação de mestrado. Gratidão, meus amigos!

Um agradecimento especial ao meu amigo de longa data, Thiago Douglas de Medeiros, que me acompanha desde a minha primeira graduação em Geografia Licenciatura, passando no mesmo ano para o Bacharelado em Geografia, fato que nos deixou mais próximos. Grato por toda sua ajuda, tirando parte do seu tempo para me explicar detalhes da metodologia e pela companhia durante meus momentos de incertezas. Gratidão.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do CERES (GEOCERES) pela oportunidade de poder colaborar por meio da minha pesquisa. Em especial, Náina Leite (Secretária), por toda paciência e por estar sempre disponível para responder minhas dúvidas; aos colegas e professores pela companhia e ensinamentos durante as aulas; à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela oportunidade de ser graduando e mestrando na mesma instituição; à CAPES juntamente com a FAPERN pela concessão do auxílio financeiro do mestrado, fato esse que tornou a realização dessa pesquisa possível.

Por fim, gratidão a todos aqueles que contribuíram com essa pesquisa, seja de forma direta ou indireta. Perdão àqueles a quem esqueci de mencionar, saibam que não foi proposital.

Muito obrigado!

A ciência nunca resolve um problema sem pelo menos criar outros dez.

George Bernard Shaw

RESUMO

A Equação Universal de Perda de Solo (USLE) é um método amplamente utilizado quando se trata de estimar a perda de solo de uma determinada área. Tendo em vista isso, a pesquisa tem como objetivo analisar a susceptibilidade do território do Geoparque Seridó a processos erosivos. A estimativa de perdas de solo foi feita através da USLE em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para espacialização dos dados. Para a determinação dos fatores utilizados pela USLE foram usados mapas de tipos de solo, mapa de uso e ocupação do solo, dados granulométricos para os tipos de solo da área de estudo, modelo digital de elevação e dados de precipitação da área e das áreas adjacentes. A USLE mostrou um resultado médio de perdas de solo para o Geoparque Seridó de $7,91 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ sendo considerado como baixa. Cerca de 61,60% da área total foi classificada com perda de solo muito baixa. Apenas 16,90% da área do Geoparque Seridó foi classificada com perda de solo moderada. Grande parte desse valor está associado o fator de maior declividade e uso e ocupação do solo, como agricultura e agropecuária. A classificação muito severa representou apenas 0,28% da área total do Geoparque Seridó, sendo a mineração o tipo de uso de solo responsável por grande parte desse valor. A estimativa de produção de sedimentos para cada geossítio mostrou que 9 dos 21 geossítios apresentaram perdas de solo classificadas como moderada. Na maioria dos casos, os valores moderados estavam relacionados com o tipo de uso e ocupação (agricultura e agropecuária) e com uma declividade considerável. Os geossítios que apresentaram perdas muito baixa e baixa estavam normalmente relacionados com um tipo de uso e ocupação do solo classificado como caatinga arbórea e arbustiva. Já os que apresentaram perdas de solo muito severa são aqueles com tipo de uso e ocupação classificados como mineração ou agricultura. A pesquisa demonstrou que o território do Geoparque Seridó ainda tem uma perda de solo considerada muito baixa segundo as estimativas. Já no que se refere a perda de solo nos geossítios do geoparque, o valor estimado passa a ser considerado moderado, demonstrando que a gestão do geoparque precisa olhar com mais atenção para esses geossítios, buscando propor meios de mitigação da suscetibilidade a erosão.

Palavras-chave: Perdas de solo. USLE. Estimativa.

ABSTRACT

The Universal Soil Loss Equation (USLE) is a widely used method when it comes to estimating soil loss in a given area. Therefore, the research aims to analyze the susceptibility of the Seridó Geopark territory to erosive processes. The estimate of soil losses was made using the USLE in a Geographic Information System (GIS) environment for data spatialization. Maps of soil types, land use and occupation, granulometric data for the soil types of the study area, a digital elevation model, and precipitation data from the study area and surrounding areas were used to determine the factors used by the USLE. The USLE showed an average soil loss result for the Seridó Geopark of $7.91 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$, which was considered low. Approximately 61.60% of the total area was classified as very low soil loss. Only 16.90% of the Seridó Geopark area was classified as moderate soil loss. A large part of this value is associated with the factors of higher slope and land use and occupation, such as agriculture and livestock farming. The very severe classification represented only 0.28% of the total area of the Seridó Geopark, with mining being the type of land use responsible for a large part of this value. The estimate of sediment production for each geosite showed that 9 out of 21 geosites presented soil losses classified as moderate. In most cases, the moderate values were related to the type of land use and occupation (agriculture and livestock farming) and a considerable slope. The geosites that presented very low and low soil losses were normally related to a land use and occupation type classified as arboreal and shrubby caatinga. On the other hand, those that presented very severe soil losses were those with land use and occupation classified as mining or agriculture. The research demonstrated that the Seridó Geopark territory still has a soil loss considered very low according to the estimates. As for soil loss in the geosites of the geopark, the estimated value becomes moderate, demonstrating that geopark management needs to pay more attention to these geosites, seeking to propose means of mitigating susceptibility to erosion.

Keywords: Soil losses. USLE. Estimate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do Geoparque Seridó.....	28
Figura 2 - Mapa Altimétrico do Geoparque Seridó.....	33
Figura 3 - Mapa de localização dos Geossítios do Geoparque Seridó.	35
Figura 4 - Geossítio Serra Verde	36
Figura 5 - Imagem aérea do Geossítio Cruzeiro de Cerro Corá	36
Figura 6 - Geossítio Nascente do Rio Potengi.....	37
Figura 7 - Imagem aérea do Geossítio Vale Vulcânico.....	38
Figura 8 - Imagem aérea do Geossítio Mirante Santa Rita.....	39
Figura 9 - Imagem aérea do Geossítio Tanque dos Poscianos	40
Figura 10 - Imagem aérea do Geossítio Lagoa do Santo.....	41
Figura 11 - Imagem aérea do Geossítio Pico do Totoró.....	42
Figura 12 - Imagem aérea do Geossítio Morro do Cruzeiro	43
Figura 13 - Imagem aérea do Geossítio Mina Brejuí	44
Figura 14 - Imagem aérea do Geossítio Cânions dos Apertados.....	45
Figura 15 - Imagem aérea do Geossítio Açude Gargalheiras	46
Figura 16 - Imagem aérea do Geossítio Poço do Arroz	47
Figura 17 - Geossítio Cruzeiro Acari	47
Figura 18 - Imagem aérea do Geossítio Marmitas do Rio Carnaúba	48
Figura 19 - Geossítio Serra da Rajada	49
Figura 20 - Geossítio Monte do Galo	50
Figura 21 - Imagem aérea do Geossítio Xiquexique	50
Figura 22 - Geossítio Cachoreira dos Fundões.....	51
Figura 23 - Imagem aérea do Geossítio Açude Boqueirão.....	52
Figura 24 - Imagem aérea do Geossítio Mirador.....	53
Figura 25 - Mapa com a rota e os pontos de validação do mapa de uso e ocupação.	59
Figura 26 - Evolução anual da precipitação média pluviométrica no Geoparque Seridó.	62
Figura 27 - Mapa da distribuição da erosividade das chuvas no Geoparque Seridó entre 2005 e 2020.	63
Figura 28 - Mapa de solos e seus respectivos valores de K	64
Figura 29 - Fator C e Tipos de Uso e Ocupação do Solo.	66
Figura 30 – Mapa de validação das classes de Uso e Ocupação do solo	67
Figura 31 - Distribuição Espacial do Fator LS para o Geoparque Seridó.....	69

Figura 32 - Estimativa de perdas de solo no Geoparque Seridó.....	70
Figura 33 - Estimativa de perdas de solo nos geossítios do Geoparque Seridó.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estações analisadas, série histórica e seus períodos de falhas de dados.	55
Tabela 2 - Composição granulométrica dos solos do Geoparque Seridó.	58
Tabela 3 - Fator C para cada tipo de uso e ocupação do solo.	60
Tabela 4 - Classificação de perdas de solo conforme Irvem <i>et al.</i> (2007).	60
Tabela 5 - Geossítios do Geoparque Seridó e suas respectivas localizações.	61
Tabela 6 - Área total e Fator <i>K</i> para cada tipo de solo do Geoparque Seridó.	64
Tabela 7 - Comparação entres os valores de fator <i>K</i> da metodologia e da literatura.	65
Tabela 8 - Área total para cada tipo de uso do solo no Geoparque Seridó para 2020.	66
Tabela 9 - Descrição dos pontos de validação do campo.	67
Tabela 10 - Distribuição qualitativa das perdas de solo para 2021.	70
Tabela 11 - Perda de solo estimada para cada tipo de Uso e Ocupação do Solo.	71
Tabela 12 - Estimativa de perda de solo por tipo de solo.	73
Tabela 13 - Estimativa de perda de solo para cada geossítio.	74

LISTA DE SIGLAS

A	Perda de solo
C	Fator de cobertura e manejo do solo
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
FAPERN	Fundação de Apoio à Pesquisa do Rio Grande do Norte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDW	Inverse Distance Weighting
K	Fator de erodibilidade do solo
LS	Fator topográfico
MDE	Modelo Digital de Elevação
mEa	Massa Equatorial Atlântica
P	Fator de práticas conservacionistas
R	Fator de erosividade da chuva
RN	Rio Grande do Norte
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UC	Unidade de Conservação
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
USLE	Equação Universal de Perda de Solo (<i>Universal Soil Loss Equation</i>)
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos.....	18
1.1.1 Objetivo Geral	18
1.1.2 Objetivos Específicos	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Perdas de Solo	19
2.2 Modelos Hidrossedimentológicos	20
2.3 SIG na modelagem hidrossedimentológica	22
2.4 Geoparques	25
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.1 Localização e acesso.....	28
3.2 Aspectos Fisiográficos	29
3.2.1 Clima	29
3.2.2 Solos	29
3.2.3 Geologia e Geomorfologia	30
3.2.4 Vegetação	33
3.3 Geossítios do Geoparque Seridó.....	34
3.3.1 Geossítio Serra Verde.....	35
3.3.2 Geossítio Cruzeiro de Cerro Corá	36
3.3.3 Geossítio Nascente do Rio Potengi	37
3.3.4 Geossítio Vale Vulcânico	37
3.3.5 Geossítio Mirante Santa Rita.....	38
3.3.6 Geossítio Tanque dos Poscianos	39
3.3.7 Geossítio Lagoa do Santo	40
3.3.8 Geossítio Pico do Totoró	41
3.3.9 Geossítio Morro do Cruzeiro	42
3.3.10 Geossítio Mina Brejuí.....	43
3.3.11 Geossítio Cânions dos Apertados	44
3.3.12 Geossítio Açude Gargalheiras	45
3.3.13 Geossítio Poço do Arroz.....	46
3.3.14 Geossítio Cruzeiro Acari	47

3.3.15 Geossítio Marmitas do Rio Carnaúba.....	48
3.3.16 Geossítio Serra da Rajada.....	48
3.3.17 Geossítio Monte do Galo.....	49
3.3.18 Geossítio Xiquexique	50
3.3.19 Geossítio Cachoreira dos Fundões	51
3.3.20 Geossítio Açude Boqueirão	51
3.3.21 Geossítio Mirador.....	52
4 METODOLOGIA.....	54
4.1 Abordagem Metodológica.....	54
4.2 Procedimentos Metodológicos	54
4.2.1 Base cartográfica do Geoparque Seridó	54
4.3.2 Estimativa de Perdas de Solo no Geoparque Seridó.....	54
4.4.3 Identificação dos geossítios mais susceptíveis a processos erosivos	61
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
5.1 Fator R.....	62
5.2 Fator K.....	63
5.3 Fator C.....	65
5.4 Fator LS.....	68
5.5 Perdas de solo.....	69
5.6 Perdas de solos nos Geossítios	73
6 CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

A erosão do solo é uma das formas mais comuns de degradação do solo, sendo esse um dos principais problemas de destruição ambiental do solo em todo o planeta. O maior problema ocorre quando a erosão é acelerada a níveis danosos ao meio ambiente. Esse problema pode ser agravado ainda mais pelas ações humanas na superfície do planeta, sobretudo através da agropecuária e da agricultura, que aumentam a intensificação do uso do solo. Alguns trabalhos sobre os problemas relacionados com erosão dos solos vêm sendo realizados, enfocando seus impactos nos processos de desertificação e degradação dos solos em ambientes úmidos, áridos e semiáridos (SILVA, 2010).

Sobre os principais agentes que atuam no processo de erosão do solo, Guerra (1998) destaca: erosividade da chuva, as propriedades físicas do solo, a cobertura vegetal e as características das encostas, como sendo os fatores mais relevantes e também controladores da variação das taxas de erosão dos solos. Como destacado por Quiquerez (2008), a erosão resultante do processo de escoamento superficial durante os eventos de chuvas, sobretudo as chuvas de alta intensidade, essas apontadas como o principal agente que mais influencia o processo de erosão e conseqüentemente propiciam um maior impacto na degradação dos solos.

Ainda existe uma escassez muito grande de estudos de estimativa de perda de solos em áreas de geoparques, regiões com limites territoriais bem definidos e que possuem um patrimônio geológico relevante (BRILHA, 2009). Estudos como os feitos por Farinasso *et al.* (2006); Silva, Montenegro e Santos (2012); Santos *et al.* (2014) e Medeiros (2021) são feitos a nível de bacia hidrográfica, mas que também podem ser reproduzidos a nível de território de geoparques, ou qualquer outra delimitação de área.

Dos poucos trabalhos relacionados à temática de perdas de solo em territórios de geoparques, se destaca a pesquisa desenvolvida por Guo e Cao (2021), cujo o objetivo era estimar a erosão hídrica do solo no Geoparque Mundial de Fangshan, na China. Os autores aplicaram um modelo de erosão hidráulica do solo se baseando no modelo USLE em ambiente SIG no período de 2011 a 2012. Através da pesquisa eles identificaram que a erosão principal ocorreu na encosta íngreme de 25°-35° e com altitude de 400-800 m, sendo responsável por cerca de 30% da erosão total do solo no geoparque em todos os três anos que foi realizado a pesquisa. Além disso, os autores identificaram que a proteção de cobertura vegetal nas áreas mais elevadas é de grande importância para diminuição da erosão hídrica do solo no geoparque.

Uma das ações de geoconservação de maior destaque atualmente é o estabelecimento de Geoparques. A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

(UNESCO) define que um geoparque compreende um determinado território onde lugares e paisagens de significância geológica internacional que são geridos através de um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. Um geoparque combina conservação com desenvolvimento sustentável, envolvendo as comunidades locais que precisam estar no processo de seu estabelecimento (UNESCO, 2016).

Um geoparque deve abranger um determinado número de geossítios, sendo esses considerados locais bem delimitados geograficamente e que concentram várias formações geológicas com grande valor científico, estético, ecológico, turístico, educativo e cultural, sendo representativo para uma determinada região e sua história geológica, os eventos e os processos (GEOPARQUE QUARTA COLÔNIA, 2022)

Gray (2013) elenca alguns dos princípios básicos que um geoparque deve seguir, sendo eles: a conservação do patrimônio geológico; educação geológica para o público em geral e desenvolvimento socioeconômico sustentável, como o por exemplo o turismo.

Das diversas formas de estudo de erosão dos solos, os modelos hidrosedimentológicos têm se destacado, em especial a Equação Universal de Perda de Solo (USLE), que vem sendo bastante utilizada para estudos sobre erosão de solos, principalmente em bacias hidrográficas, pois o modelo calcula o índice de erosão laminar superficial.

A USLE, desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978), se destaca por levar em consideração fatores como topografia, erodibilidade do solo, erosividade da chuva, ocupação do solo e práticas conservacionistas. Este modelo pode ser integrado ao ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), o que possibilita especializar as estimativas de perdas de solos em formato de mapas.

Dessa forma, os modelos hidrosedimentológicos, sobretudo aqueles integrados ao SIG, atuam como um importante instrumento para que se possa fazer uma melhor gestão territorial, uma vez que eles proporcionam realizar a análise das perdas de solo em uma determinada área, o que possibilita a busca de formas de mitigação do avanço dos processos erosivos.

Esse método vem sendo utilizado, em destaque para escalas de bacias hidrográficas, como os estudos de Silva (2010), Paranhas Filho *et al.* (2003), Farinasso *et al.* (2006) e Silva *et al.* (2012), que para além das estimativas quantitativas de perdas de solo, também permite uma análise qualitativa dessas perdas, sendo possível identificar as áreas que possuem uma maior susceptibilidade a processos erosivos. Assim, esse instrumento torna-se indispensável para a gestão ambiental.

É necessário analisar esses problemas através de uma ótica geográfica, para que se compreenda através desta a relação de propriedade, onde estão incluídas as questões pertinentes de planejamento e gerenciamento dos recursos naturais, além da gestão ambiental através do uso e ocupação do solo e como esse processo tem estimulado ou agravado os processos erosivos no Geoparque Seridó.

Sendo assim, a pesquisa se faz necessária para que se possa ter conhecimento dos efeitos dos processos erosivos nos diferentes geossítios e toda a área dos municípios que fazem parte do Geoparque Seridó. Além disso, a erosão pode comprometer a qualidade das águas, a integridade dos patrimônios culturais e geológicos, bem como interferir na qualidade de vida da população local. Em resumo, a erosão pode trazer diversos prejuízos aos geossítios do Geoparque Seridó, e é importante realizar pesquisas para se avaliar sua suscetibilidade e planejar ações de conservação e preservação.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a susceptibilidade do território do Geoparque Seridó a processos erosivos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estimar e analisar as perdas de solo no Geoparque Seridó por meio da USLE;
- Analisar a distribuição espacial das perdas de solo no Geoparque Seridó, identificando as áreas mais suscetíveis a processos erosivos;
- Identificar os geossítios mais suscetíveis a processos erosivos no Geoparque Seridó.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Perdas de Solo

A erosão dos solos ocorre em duas fases: a primeira está relacionada com a remoção das partículas do solo e a segunda está relacionada com o transporte desse material, existindo ainda uma terceira fase do processo que ocorre quando o sistema perde energia e não continua com o processo de transporte do material, ocorrendo desse modo a fase de deposição do material transportado (GUERRA, 2011).

Para Guerra (1993) e Carvalho (2008) o termo erosão está relacionado ao desgaste ou arrastamento de partículas do solo por meio da água, vento, gelo ou outros meios geológicos abrangendo processos como o arraste gravitacional. Lima (2004) diz que entre todos os agentes erosivos, a água é o mais importante, sobretudo na zona intertropical por causa da ação das chuvas e conseqüentemente o escoamento das águas pela superfície.

A erosão hídrica pode ser compreendida em três fases físicas distintas, sendo elas: desprendimento, arraste e a deposição. Os dois primeiros fatores são ocasionados por forças passivas e ativas. As forças passivas estão relacionadas com a capacidade de atrito e coesão do solo que interferem diretamente na resistência que o solo exerce com o impacto do agente erosivo, a chuva como principal dele. Já as forças ativas estão relacionadas com as tensões de cisalhamento caracterizadas pela erosividade, declividade, comprimento da rampa do terreno e a capacidade de infiltração do solo (SANTOS, 2015; GOMES, 2012). A etapa final do processo de erosão hídrica, chamado de deposição ocorre quando a água que transporta o material erodido chega na sua capacidade máxima de transporte e não pode mais ser transportada pelo agente natural (chuva), ocorrendo assim a deposição do excedente (COGO *et al.*, 2003).

Dessa forma, a erosão pode atuar de diversas formas, dependendo sempre do tipo de agente e do ambiente. A água, o vento, a temperatura e a ação biológica são alguns desse agentes. Silva (1995) afirma que existem algumas especificações que, dependendo do tipo de agente, vai definir a forma de erosão, sendo elas: erosão hídrica, erosão eólica, erosão glacial e a erosão causada pela decomposição por intemperismo físico.

Alguns tipos de solos são mais susceptíveis a sofrerem erosão, principalmente a erosão causada pela ação hídrica. São esses os tipos de solos com menor taxa de infiltração, ocasionando assim um maior volume de escoamento superficial e excedendo assim a capacidade de transporte do material erodido (FISTAROL, 2016)

A erosão hídrica se torna mais expressiva quando a densidade superficial do solo também é aumentada, uma vez que esse processo faz com que haja um decréscimo na taxa de infiltração e assim resulte no favorecimento de formação do escoamento superficial. A redução no volume de infiltração de água no solo pode ser atribuída a diversos fatores, como a cobertura do solo, declividade do terreno, rugosidade da superfície, presenças de camadas superficiais compactadas, além da água na superfície que está nesse ambiente antes da precipitação fazendo assim uma espécie de selagem superficial do solo em uma área com pouca cobertura vegetal (DIDONÉ, 2013).

A cobertura do solo também é um dos fatores que influenciam diretamente na perda do solo por erosão. A vegetação possibilita uma maior proteção do solo, uma vez que a copa das árvores e as plantas menores agem como camada protetora do solo, diminuindo assim os impactos das gotas de chuva diretamente no solo (MORGAN, 2005; CARVALHO, 2008).

Nos últimos anos as questões relacionadas à erosão têm aumentado de forma significativa, com ênfase nas regiões semiáridas de países como o Brasil, onde grande parte da população depende de atividades econômicas ligadas à agricultura e agropecuária. No planeta existem diversas regiões semiáridas, mas nenhuma das regiões possuem a dimensão, a pluviosidade e a densidade populacional do semiárido nordestino brasileiro (SILVA; PAIVA; SANTOS, 2009).

As alterações causadas pelo uso e ocupação do solo pode intensificar o processo de erosão. A forma como o homem usa o solo no seu entorno pode acelerar esse processo natural de erosão. O tipo de uso e ocupação varia muito de região para região, do tipo de solo, qual tipo de bioma aquela área está inserida e até mesmo o tipo de clima.

2.2 Modelos Hidrossedimentológicos

Os modelos servem para que se possa entender as interrelações que ocorrem entre os processos, entender a forma como funciona os sistemas, simplificar e testar as teorias, prever a evolução de alguns cenários de estudos que são em geral heterogêneos e de grande escala. Nessa abordagem, praticamente dois modelos são os mais utilizados, sendo eles: modelos empíricos e os modelos de base física (MORGAN; QUINTON, 2001).

Os modelos empíricos se baseiam estatisticamente entre a saída do modelo desejado a sua entrada. São modelos mais simples e de fácil utilização. Já os modelos de base física utilizam relações matemáticas para descrever os processos, sendo assim mais complexos do

que os modelos empíricos. São modelos capazes de trabalhar com cenários anteriores, além disso, a erosão pode ser trabalhada tanto em escala temporal como espacial.

Os modelos hidrológicos servem como ferramenta para mensurar e antecipar eventos de impactos através de medidas preventivas para que se possa evitar eventos extremos como enchentes, desmoronamento, entre outros (TUCCI, 1998). No decorrer das últimas décadas foram desenvolvidos inúmeros modelos com o propósito de estimar a erosão hídrica, como também a produção de sedimentos. Contudo, os objetivos de cada modelo podem variar de acordo com as escalas espaciais e temporais além da sua base conceitual e fundamental (DE VENTE; POESEN, 2005).

De acordo com Tucci (1998) e Christofolletti (1999), os modelos hidrológicos podem ser classificados segundo diferentes aspectos, como o tipo de variáveis utilizadas na modelagem. Alguns são determinísticos, o que significa que produzem resultados idênticos para o mesmo conjunto de dados de entrada, independentemente do comportamento aleatório dessas variáveis. Outros são estocásticos, quando incluem uma ou mais variáveis que se comportam de forma aleatória e possuem uma distribuição de probabilidade. Ainda há modelos empíricos, que se baseiam em dados coletados e não têm uma formulação explícita dos processos físicos da bacia. Modelos conceituais são baseados em equações físicas e equações empíricas, enquanto modelos concentrados representam a bacia hidrográfica de forma única, com valores médios para cada parâmetro. Por fim, modelos distribuídos permitem uma representação mais precisa da realidade, dividindo a área em unidades hidrológicamente homogêneas e levando em conta a variabilidade espacial das variáveis e parâmetros considerados.

O uso dos modelos hidrossedimentológicos são muito importantes para os estudos do escoamento superficial e para mensurar a produção de sedimentos de uma determinada área. Nos últimos anos o número de estudos relacionados com essa temática vem crescendo significativamente, devido à grande relevância do tema que é estudado por diversos pesquisadores do país e do mundo (SILVA; SANTOS, 2008).

O uso dos modelos hidrossedimentológicos em ambiente SIG permite que seja possível realizar um maior número de operações. São possíveis realizar inúmeras análises para as condições atuais, assim como previsões de cenários que podem auxiliar diferentes estudos (SANTOS, 2015).

Dentre os modelos empíricos mais utilizados na estimativa de perdas de solo, a USLE se destaca como sendo um dos mais utilizados. A USLE foi desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978) e melhorada com o passar dos anos, sendo bastante utilizada para calcular a estimativa de perdas de solo em bacias hidrográficas (CARVALHO, 2008). Esta equação pode

ser integrada ao ambiente SIG, permitindo assim calcular a distribuição espacial das perdas de solo para uma determinada área de forma rápida e eficaz (FISTAROL; SANTOS, 2018).

2.3 SIG na modelagem hidrossedimentológica

O uso da USLE vem sendo aplicada em estudos em diversas escalas, sendo facilitada pelo uso de SIGs, dos quais têm se mostrado bastante eficiente no processo de integração de diferentes dados temáticos, assim como na confecção de novos produtos, como a produção de mapas, sobretudo para serem utilizados nos estudos sobre perdas de solo (BARBOSA *et al.*, 2015).

São vários os estudos realizados com uso de geotecnologias, sobretudo o uso de SIG, para estimar a degradação do solo e os processos erosivos. Silva *et al.* (2007), destaca que o uso do SIG, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto vem se constituindo como importantes ferramentas para avaliar a erosão dos solos e identificar as regiões com maior probabilidade de erosão.

A evolução gradual dos computadores e disseminação das técnicas de SIG juntamente com as de Sensoriamento Remoto, incorporando os modelos e análise ambiental ao ambiente SIG, permitem a integração de bases de dados espaciais e não espaciais, possibilitando a análise dos processos hidrossedimentológicos de forma integrada (SILVA, 2010).

Nos dias atuais a utilização do SIG constitui um instrumento de grande importância para os estudos sobre erosão, seja no meio rural ou urbano, com uma grande vantagem de aplicação em diferentes cenários, a um custo muito baixo, além de apresentar maior rapidez. O acoplamento dos modelos hidrológicos com o SIG não é algo muito recente, no entanto nos últimos anos essa integração tem aumentado de forma considerável para estimativas de perdas de solo (AMARAL, 2016).

A incorporação dos modelos de simulação hidrossedimentológica com o SIG permite a manipulação, assim como a construção de bases espaciais de vários tipos de dados para que possam ser integradas em um mesmo sistema de referência. De modo geral, o SIG combina diversos níveis de informação sobre um determinado lugar, fornecendo assim uma melhor compreensão do mesmo (SILVA, 2010).

Muitos estudos vêm sendo realizados sob essa perspectiva de integralização do SIG com os modelos de simulação hidrossedimentológica, como por exemplo o trabalho desenvolvido por Farinasso (2006), com o objetivo de utilizar a USLE juntamente com um SIG e dessa forma calculou a Erosão Atual (E_a) e Potencial (E_p) em uma região do Alto Paraíba. O

autor destaca que apesar das limitações, como por exemplo a de não permitir a quantificação de deposição, a ferramenta mostrou ser de grande valia como modelo de predição de perdas de solo, tanto pela simplicidade, cálculos rápidos e por ser de baixo custo. Além disso, a metodologia que ele empregou para estimar a Erosão Atual e Potencial se mostrou ser válida para estudos iniciais de planejamento ambiental. Também mostra que a USLE é útil para definir quais áreas necessitam de maiores estudos e cuidados de forma urgente.

Silva, Paiva e Santos (2009) realizaram um estudo com o objetivo de espacializar o grau de erodibilidade levando em consideração as características pedológicas e perdas de solo na bacia do do Rio Capiá, região semiárida do nordeste do Brasil. Para estimativas e espacialização dos dados, os autores utilizaram a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) empregando técnicas de Sensoriamento Remoto e do Sistema de Informações Geográficas (SIG). A pesquisa mostrou que 60% da área da bacia são constituídas de solos com alta erodibilidade, sendo 15% dos solos considerado de média suscetibilidade à erosão e apenas 25% dos solos são considerados como sendo de baixa erodibilidade. Dos dados que foram calculados pela USLE, os autores apresentaram que 65% da bacia apresenta uma perda média de solo anual variando entre 0 e 40 t/ha/ano, com o restante da bacia apresentando valores que variam entre 40 e 200 t/ha/ano, considerado pelos autores como sendo uma perda de solo moderada.

Silva (2010) realizou um trabalho com o objetivo de analisar os impactos na degradação dos solos causados pela mudança do clima com o auxílio dos dados de previsão climática, modelos de erosão, técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG. O estudo foi realizado na Bacia do rio Tapacurá, no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Para análise da degradação dos solos o autor utilizou dois modelos de erosão, sendo o primeiro a USLE e o segundo, o Modelo de Potencial de Erosão (EPM). Os dois modelos mostraram resultados satisfatórios quando feita a comparação entre os sedimentos observados e o que foi estimado, com perdas de solo anual variando entre 0 - 125 t ano⁻¹, considerada como de Forte Erosão segundo a metodologia usada pelo autor. O autor ainda afirma que para a situação estudada, a USLE estimou melhor do que o EPM no que se refere a perda de solo, devido a USLE necessitar de um número menor de variáveis de entrada e possuir uma base de dados para as condições brasileiras utilizadas no trabalho.

Dornellas *et al.* (2017) desenvolveu um estudo com o objetivo de avaliar as perdas de solo e quais as áreas mais propensas a sofrerem erosão na bacia do Alto Rio Paraíba. Os autores aplicaram para esse estudo a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) utilizando a álgebra de mapas, a partir da multiplicação de todos os fatores da equação, que são eles: fator de

erosividade da chuva (R), fator topográfico (LS), fator de erodibilidade do solo (K), fator de uso e manejo (C) e fator de prática conservacionista (P). O cálculo de perdas de solo a partir da USLE para a área de estudo mostrou que 71,5% da bacia do Alto Rio Paraíba ainda apresenta uma estimativa de perdas de solo com uma baixa perda de solo, sendo esses valores inferiores a 15 t/ha.ano. Já a taxa de média a alta ocupa 10,4%, a taxa alta 3,2% da área, e a classe muito alta apenas 1,4%. Por fim, os autores concluíram que a aplicação da USLE na bacia do Alto Rio Paraíba se mostrou satisfatória, uma vez que os fatores calculados tiveram correlação com os dados que foram encontrados na literatura.

Sousa e Paula (2019) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de estimar a perda de solo na bacia do rio Coreaú, que está localizada porção Noroeste do Estado do Ceará. Para tal estudo, os autores utilizaram a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) em conjunto com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) com o objetivo de fazerem uma análise geoespacial da bacia hidrográfica em questão e de cada um dos fatores utilizados na USLE. Como resultados, os autores mostram que na bacia do rio Coreaú perde-se em média 15,80 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Também destacaram que o valor máximo de perda de solo atingiu 1.206,90 t.ha⁻¹.ano⁻¹, sobretudo nas áreas com altos valores de declividade, uso intensivo e áreas de solo exposto. Além disso, o trabalho apresentou uma perda anual de solo acima de 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹ em uma área de 93,709 Km², o que representa cerca de 9,4% da área de estudo. Por fim, os autores trazem em suas considerações que o uso da USLE favoreceu a obtenção dos dados e que os resultados podem orientar planejamento ambiental de uso do solo na bacia do rio, além de apontar os solos com maior perda de solo por erosão laminar.

Em um estudo realizado por Nascimento e Santos (2019), foi aplicada a USLE em ambiente SIG para analisar a perda de solo na Bacia do Rio das Fêmeas, no Estado da Bahia. Os autores identificaram através da pesquisa que a área com maior perda de solo, considera como moderada, se situa na região oeste da bacia, justamente onde predomina a agricultura de sequeiro, cerca de 58,59% da área da bacia. A perda de solo média para a Bacia do Rio das Fêmeas para o uso e ocupação atual foi estimada em 10,85 t.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo considerada baixa segundo os autores.

Fistarol e Santos (2020) utilizaram a USLE em ambiente SIG para analisar as implicações das alterações do uso e ocupação do solo da Bacia do Rio das Ondas, extremo oeste do Estado da Bahia, estimando a perda de solo, tanto para o cenário de uso e ocupação de 1975, como para o ano de 2015. Os autores constataram que a bacia do Rio das Ondas passou por uma intensa alteração no uso e ocupação do solo nos últimos 40 anos, suprimindo cerca de 47% de área de vegetação nativa. A perda média de solo para o cenário de 1975 foi de 0,08 t.ha⁻¹.ano⁻¹

¹, enquanto que para o ano de 2015 foi de 13,36 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Assim, os autores concluíram que o uso do Sensoriamento Remoto e SIG foi de fundamental importância, tanto no auxílio na aquisição de dados para o cálculo dos fatores utilizados na USLE, como para espacialização das informações sobre a bacia estudada.

Na região do Seridó temos o trabalho desenvolvido por Medeiros (2021), em que ele faz uma análise das relações entre o uso da terra e a dinâmica geomorfológica na Bacia do Rio Barra Nova que tem cerca de 1.373,14 km² e compreende parte do Estado da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Além do mapeamento de uso da terra e análise da dinâmica geomorfológica a partir da identificação dos diferentes compartimentos de relevo, o autor também inferiu o atual estágio de perdas de solo da bacia através da USLE em ambiente SIG. Como resultados, o estudo apresentou que a Bacia do Rio Barra Nova apresentou uma estimativa de perda de solo para o cenário de uso da terra do ano de 2018 com estimativa de perda de solo média de 29,90 t.ha⁻¹.ano⁻¹, considerada como moderada, o que representou cerca de 41,13% da área da bacia.

Santos e Nascimento (2021) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de analisar as perdas de solo na bacia do Rio de Janeiro, região Oeste da Bahia, levando em consideração duas diferentes condições de uso e ocupação do solo, sendo a primeira delas referente ao ano de 1975 e a segunda para o ano de 2018. Para a estimativa de perda de solos os autores utilizaram também a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE). A pesquisa trouxe como resultado para o cenário de 1975, uma perda de solo estimadas com valores variando entre 0 e 83 t.ha⁻¹.ano⁻¹, com uma média de 0,16 t.ha⁻¹.ano⁻¹, valores considerados muito baixo, segundo a classificação que foi utilizada. Para o cenário de 2018, os valores variaram entre 0 e 268 t.ha⁻¹.ano⁻¹, com uma perda média de 5,48 t.ha⁻¹.ano⁻¹, valor esse considerado baixo, apesar das alterações no uso e ocupação que ocorreram entre o primeiro e o segundo cenário.

São inúmeros trabalhos que utilizam técnicas de SIG, Sensoriamento Remoto e a USLE para estimar a perda de solo de uma determinada área. Nota-se que alguns trabalhos utilizam mais de um modelo de erosão do solo, com diferentes técnicas e metodologias que se adequam ao tipo de trabalho proposto e quais os resultados que o autor deseja alcançar.

2.4 Geoparques

A priori, um geoparque é resultado de medidas de geoconservação, que conforme Brilha (2005) se dá através da inventariação, quantificação, classificação, conservação, valorização, divulgação e por fim, monitoramento, que visam a conservação do meio. Assim, um geoparque corresponde segundo Nascimento, Silva e Reis (2020, p.16) a:

[...] territórios bem definidos geograficamente, que possuem um patrimônio geológico notável, a nível internacional, onde as comunidades estão inseridas num processo de desenvolvimento sustentável, sendo um dos focos principais de ação e proteção da natureza, com especial destaque à sua geodiversidade.

Esses territórios expressam uma diversidade natural relevante, com características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e hidrológicas que podem contribuir com as paisagens, caracterizando assim a geodiversidade, conforme Gray (2013). Também se destaca nesse termo a participação da comunidade local, em que para Nascimento, Silva e Reis (2020) se dá pelo processo de algum estabelecimento empregado por eles nos geossítios, auxiliando na realização do geoturismo.

Nesse contexto, os geossítios que compõe os geoparques são considerados conforme Brilha (2005, p. 52), como a “ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade (...), bem delimitado geograficamente e que apresenta valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico, ou outro”. Brilha (2016) redefiniu o conceito impondo a definição de geossítio, avaliado pelo seu alto valor científico e os locais que não apresentarem essa valoração são considerados como sítios da geodiversidade.

A UNESCO deu início aos trabalhos com geoparques no ano de 2001. No ano de 2004, um total de 17 geoparques europeus e 8 chineses se reuniram na sede da UNESCO na cidade de Paris para então formar a Rede Global de Geoparques, de forma que as iniciativas de patrimônio geológico nacional contribuem e também se beneficiam de sua participação em uma rede global de intercâmbio e cooperação (UNESCO, 2022).

Em novembro de 2015, os 195 Estados Membros da UNESCO ratificaram a criação de um novo selo chamado de Geoparques Globais da UNESCO, fato esse que ocorreu durante a 38ª Conferência Geral da Organização. Essa criação de um novo selo trouxe para os geoparques um reconhecimento governamental sobre a importância de gerir os sítios geológicos e as passagens excepcionais. No ano de 2022 existiam 177 Geoparques Globais da UNESCO em 46 países. Desse total, apenas 3 estão localizados no Brasil, sendo eles: Geoparque Araripe (2006), Geoparque Seridó (2022) e Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul (2022) (UNESCO, 2022).

Um geoparque não se configura necessariamente como sendo uma Unidade de Conservação (UC) como aquelas que são definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (BACCI *et al.*, 2009), que são exatamente aquelas áreas que são passíveis de proteção justamente por causa das suas características especiais. Já os

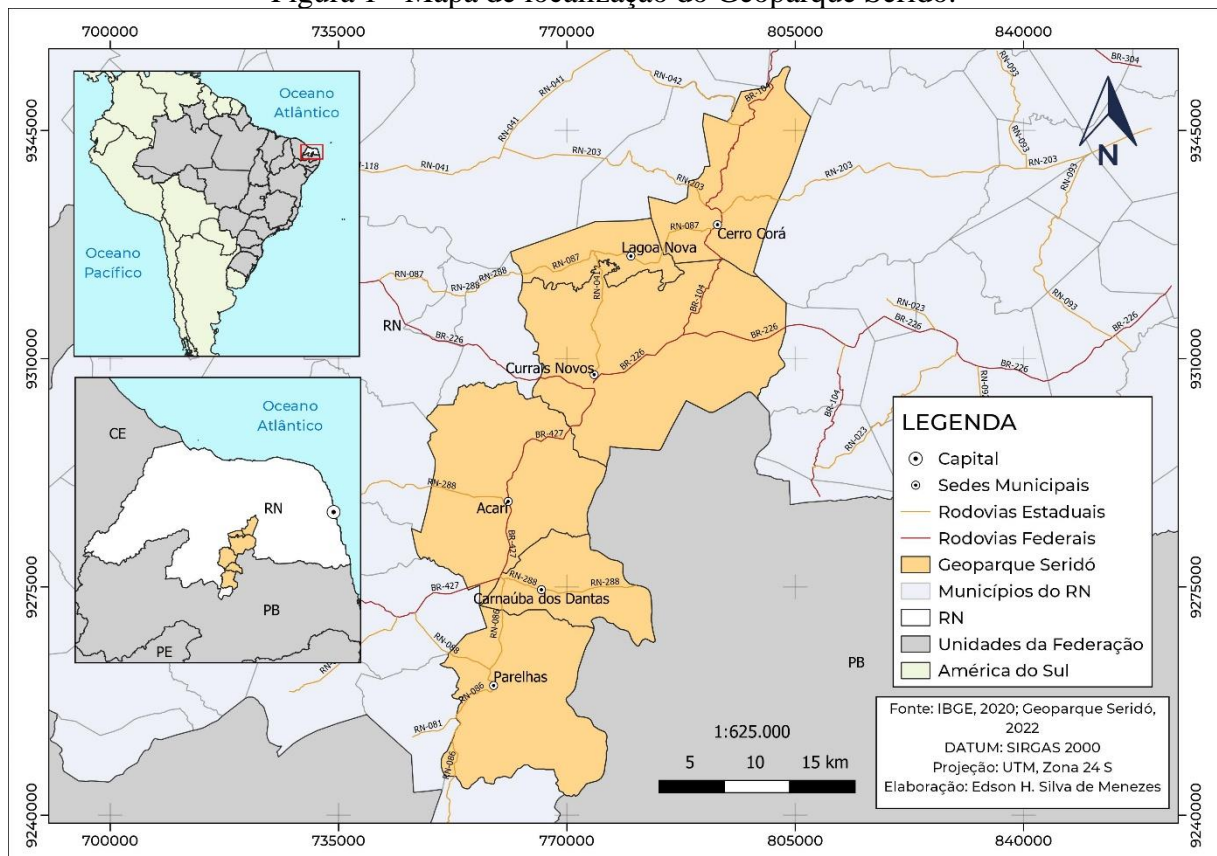
geoparques são caracterizados como uma área de gestão territorial, esses podendo ser de caráter governamental ou até mesmo particular. Em outras palavras, um geoparque não é uma área protegida legalmente, como as unidades de conservação, mas podem ser definidos como um espaço de promoção da conscientização ambiental e de valorização da cultura e da natureza local, sendo esses fatores que criam uma lógica conservacionista que ajuda no processo de conservação de uma determinada área, uma vez que o fato do geoparque ser reconhecido mundialmente, traz uma maior visibilidade e conseqüentemente um interesse maior do poder público em conservar (MEIRA; MORAIS, 2016).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização e acesso

O Geoparque Seridó situa-se no semiárido nordestino, localizado na região centro-sul do Estado do Rio Grande do Norte. Sua área total é de aproximadamente 2.802 Km² compreendendo a totalidade dos municípios de Acari, Carnaúba dos Dantas, Cerro Corá, Currais Novos, Lagoa Nova e Parelhas (Figura 1). O acesso principal ao Geoparque é feito pela BR-226 até chegar a cidade de Currais Novos, a partir dela é possível ter acesso a outras rodovias, como a BR-104, BR-427 e as rodovias estaduais, sendo elas RN-087 e RN-288 para que se tenha acesso as demais localidades do Geoparque Seridó.

Figura 1 - Mapa de localização do Geoparque Seridó.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2 Aspectos Fisiográficos

3.2.1 Clima

A região de estudo está situada sob o clima semiárido. De acordo com a classificação de Köppen, é um clima quente e semiárido, com tendência à aridez (BSwh). É fortemente influenciado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) durante o verão e pela massa Equatorial Atlântica (mEa) de outono a primavera. A precipitação da área, assim como em grande parte do semiárido brasileiro acontece de forma irregular, sendo mais significativas no período de fevereiro a julho, ocorrendo em maior concentração de março a maio. A média pluviométrica anual é de 650 mm, enquanto que a evaporação é de cerca de 1.760 mm, totalizando assim um déficit hídrico de mais de 1000 mm durante nove meses seguintes após o período chuvoso. No que se refere a temperatura, as médias na região do Seridó Potiguar giram em torno de 27°C, com máxima chegando aos 38°C e a mínima chegando a valores de 15°C. Se tratando de número de horas de insolação, assim como grande parte do semiárido brasileiro, os números giram em torno de 3.600 horas/ano em média. No que se refere a umidade relativa do ar, a região apresenta uma variação média diferente entre os locais de medição, flutuando entre 60% a 70% da média anual (RIO GRANDE DO NORTE, 2009; MEDEIROS, 2003)

3.2.2 Solos

Os solos que mais predominam nos municípios que fazem parte do Geoparque Seridó, de acordo com o levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte em escala de 1:500.000 feito pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em 1971 e posteriormente atualizado pela EMBRAPA com escala de 1:250.000. A identificação dos solos da área de estudo foi feita a partir do Geobank da CPRM, com dados do ano de 2020 e com visualização disponível na plataforma tecnológica do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos).

Os solos identificados no levantamento pedológico para a área de estudo, sendo eles: Argissolo Vermelho Eutrófico, Latossolo Amarelo Distrófico, Latossolo Amarelo Eutrófico, Neossolo Litólico Eutrófico, Neossolo Regolítico Eutrófico, Luvisolo Crômico Órtico e pequenas porções de afloramentos rochosos.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (2018), os Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características

diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico.

Os Latossolos compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico e seu horizonte A apresenta mais de 150 cm de espessura. São solos com avançado estado de intemperização, bastante evoluídos. Normalmente virtualmente destituídos de minerais primários ou até mesmo secundários. São em sua maioria muito profundos, fortemente a bem drenados e a espessura do *solum* raramente é inferior a 1 metro.

Os Neossolos são solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso e que não apresenta alteração expressiva no que se refere ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos. Esta classe admite diversos tipos de horizontes superficiais, incluindo horizonte O com menos de 20 cm de espessura quando sobrejacente à rocha ou horizonte A húmico ou proeminente com mais de 50 cm quando sobrejacente à camada R, C ou Cr. São solos pouco desenvolvidos, a razão disso é por causa das suas características inerente ao próprio material de origem, como por exemplo uma maior resistência ao intemperismo ou uma composição químico-mineralógica que dificulte esse processo. A influência de fatores como clima, relevo ou tempo podem impedir ou limitar a evolução dos solos.

E por último os Luvisolos, solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural, com argila de atividade alta e saturação por bases alta na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) e imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, exceto A chernozêmico, ou sob horizonte E, e satisfazendo aos seguintes requisitos: Horizontes plântico, vértico ou plânico, se presentes, não estão acima ou não são coincidentes com a parte superficial do horizonte B textural e Horizonte glei, se ocorrer, deve estar abaixo do horizonte B textural e inicia após 50 cm de profundidade, não coincidindo com a parte superficial deste horizonte.

3.2.3 Geologia e Geomorfologia

Geologicamente o Geoparque Seridó está inserido no extremo NE da Província da Borborema, termo esse utilizado por Almeida *et al.* (1977) para identificar o conjunto de unidades geológicas estabilizadas ao final da orogênese brasiliana. Essa porção da província é conhecida como Domínio do Rio Grande do Norte (SANTOS, 2000). Na região onde se encontra o Geoparque Seridó existem vastas áreas de rochas gnáissico-migmatíticas e de idade

proterozóica, que correspondem ao substrato geológico regional, com unidades geológicas de 2,2-2,1 bilhões de anos (Complexo Caicó). As unidades geológicas compõem blocos que separam extensas faixas de rochas supracrustais (sedimentares e metavulcânicas) neoproterozóicas que variam de 640 a 630 milhões de anos de idade (Grupo Seridó) (Nascimento e Ferreira, 2012).

Na Província da Borborema existe um expressivo plutonismo ácido a intermediário brasileiro (600±50 milhões de anos) como também uma zona de cisalhamento que foi construída no último episódio de deformação dúctil regional que afetou a região. Ocorrem ainda lipotipos cambrianos (ca. 515-505 milhões de anos) materializados por corpos/diques de pegmatitos. Algumas rochas de idade cretácea (130 Ma) que são menos restritas. Lipotipos da área cenozoica (65,5 milhões de anos até o recente) também são encontrados, sobretudo nas coberturas sedimentares da Formação Serra do Martins, vulcânicas e associadas ao magmatismo Macau e os depósitos sedimentares neógenos (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

O Geoparque Seridó tem uma geologia composta por duas grandes categorias de unidades geológicas, de acordo com o Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte elaborado pelo Serviço Geológico Brasileiro em 2006 (ANGELIM *et al.*, 2006). O primeiro grupo é formado por rochas pré-cambrianas e cambrianas com aproximadamente 2,25 bilhões a 510 milhões de anos de idade (Embasamento Cristalino). Essas rochas incluem o Complexo Caicó e a Formação Seridó (Jucurutu, Equador e Seridó), bem como diversas formações intrusivas ácidas a moderadas, granito indiferenciado e diques pegmatíticos (RIO GRANDE DO NORTE, 2009; NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

No território do Geoparque Seridó pode ser encontrado um embasamento composto por ortognaisses e *augen* gnaisses paleoproterozoicos correlacionados ao Complexo Caicó, *augen* gnaisses paleoproterozoicos também associados a Suíte Poço da Cruz. As rochas metasedimentares ocorrem de forma discordante ao embasamento cristalino do Grupo Seridó, formadas por uma sequência neoproterozoica, com base composta por paragnaisses, quartzitos, mármore da Formação Jucurutu além de quartzitos e metaconglomerados da Formação Equador, além do micaxisto da Formação Seridó. Alguns tipos de granitoides, como as suítes intrusivas Dona Inês, Itaporanga, Suíte Intrusiva São João do Sabugi, todas essas com idade neoproterozoica (NASCIMENTO, 2018).

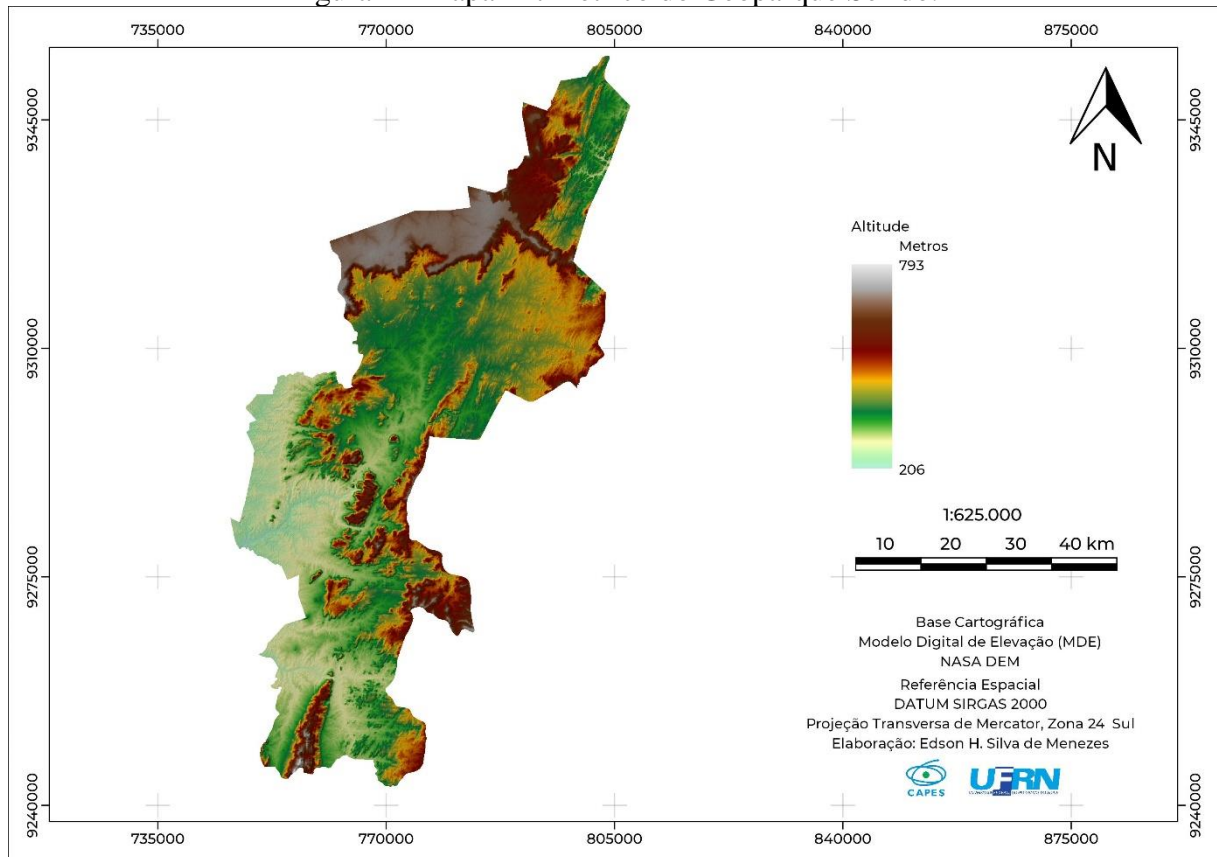
O território do Estado do Rio Grande do Norte apresenta uma grande variedade de formas de relevos, esculpidas em sedimentos da Bacia Potiguar e em terreno mais antigos do embasamento cristalino. De acordo com a classificação dos Domínios Morfoclimáticos do

Brasil de Ab'Saber (1969), o relevo do Rio Grande do Norte é inserido em dois domínios e uma faixa de transição, sendo eles: Domínio de Mares de Morros, Tabuleiros Costeiros do Nordeste Oriental; Domínio das Depressões Intermontanas e Interplanálticas das Caatingas e a faixa de transição morfoclimática, Agreste Potiguar, entre o litoral úmido e o sertão semiárido (DANTAS; FERREIRA, 2010).

As feições regionais do Geoparque Seridó estão contidas dentro do Domínio das Depressões Intermontanas e Interplanálticas das Caatingas, dos quais oito padrões de relevos foram identificados, descritos a seguir:

O Geoparque Seridó apresenta uma paisagem com superfícies aplainadas degradadas, caracterizadas por padrões de relevo planos e suavemente ondulados. Essa formação é resultado do processo de erosão sobre diferentes tipos de litologia e é a maior em extensão de área do geoparque. No meio dessas superfícies planas, encontram-se os inselbergs, que aparecem como montes isolados e chegam a elevar-se centenas de metros acima do nível regional. Ao Leste, há uma série de serras baixas e morros com desníveis inferiores a 300 m, que juntamente com a superfície plana ao norte, compõem parte do rebordo norte do Planalto do Borborema. Na transição entre essas superfícies distintas, encontra-se a escarpa da Serra de Santana, que representa um desnível de cerca de 400 metros e apresenta rampas de colúvio e depósitos de tálus na base. A Serra de Santana é um platô composto por arenitos laterizados da Formação Serra do Martins, com altura máxima de 750 metros. Já no extremo nordeste, há uma série de colinas dissecadas, com vertentes côncavo-convexas e topos aguçados, com altitudes variando entre 30 e 80 metros em relação ao piso regional (DANTAS; FERREIRA, 2010; NASCIMENTO, 2018). A Figura 2 mostra o perfil de relevo do Geoparque Seridó.

Figura 2 - Mapa Altimétrico do Geoparque Seridó.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2.4 Vegetação

A vegetação da área é caracterizada pelo domínio das Caatingas, domínio predominantemente da região nordestina e que abrange aproximadamente 800.000 km² do território do Brasil (RIO GRANDE DO NORTE, 2009). O nome Caatinga tem origem do Tupi-Guarani, que significa “floresta branca” ou “mata branca”, que certamente está relacionado ao aspecto da vegetação na estação durante a estação seca, período em que a maioria das árvores perdem suas folhas e apenas os troncos brilhosos das árvores e arbustos permanecem na paisagem seca da Caatinga dando assim um aspecto mais esbranquiçado na paisagem. (LEAL *et al.*, 2003).

O bioma Caatinga é caracterizado por apresentar formações vegetais lenhosas, de porte baixo ou normalmente médio, são na sua maioria tipicamente caducifólio de caráter xerófilo. Há uma grande quantidade de plantas espinhosas, de esgalhamento baixo, com uma grande quantidade de cactáceas e bromeliáceas, que dominam na zona de clima semiárido (RIO GRANDE DO NORTE, 2009).

As caatingas podem ser caracterizadas como florestas arbóreas ou arbustivas, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos muitos dos quais apresentam espinhos, microfilia e algumas características xerofíticas. Algumas das espécies lenhosas mais típicas da vegetação das Caatingas são: *Amburana cearensis* (Fr.All.) A.C. Smith, (“imburana de cheiro”, Fabaceae – Papilionoideae), *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul (“angico”, Fabaceae – Mimosoideae), *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (“pau-pereiro”, Apocynaceae), *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (“catingueira”, FabaceaeCaesalpinioideae), *Cnidoscolus phyllacanthus* (Müll. Arg.) Pax & Hoffm. (“faveleira”, Euphorbiaceae), *Commiphora leptophloeos* (Mart.) Gillet (“imburana”, Burseraceae, também conhecida como *Bursera leptophloeos* Mart.), várias espécies de *Croton* (“marmeleiros” e “velames”, Euphorbiaceae) e de *Mimosa* (“calumbies” e “juremas”, Fabaceae-Mimosoideae), *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., (“aroeira”, Anacardiaceae), *Schinopsis brasiliensis* Engler (“baraúna”, Anacardiaceae), e *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex A. DC.) Standley (“pau d’arco roxo”, Bignoniaceae).

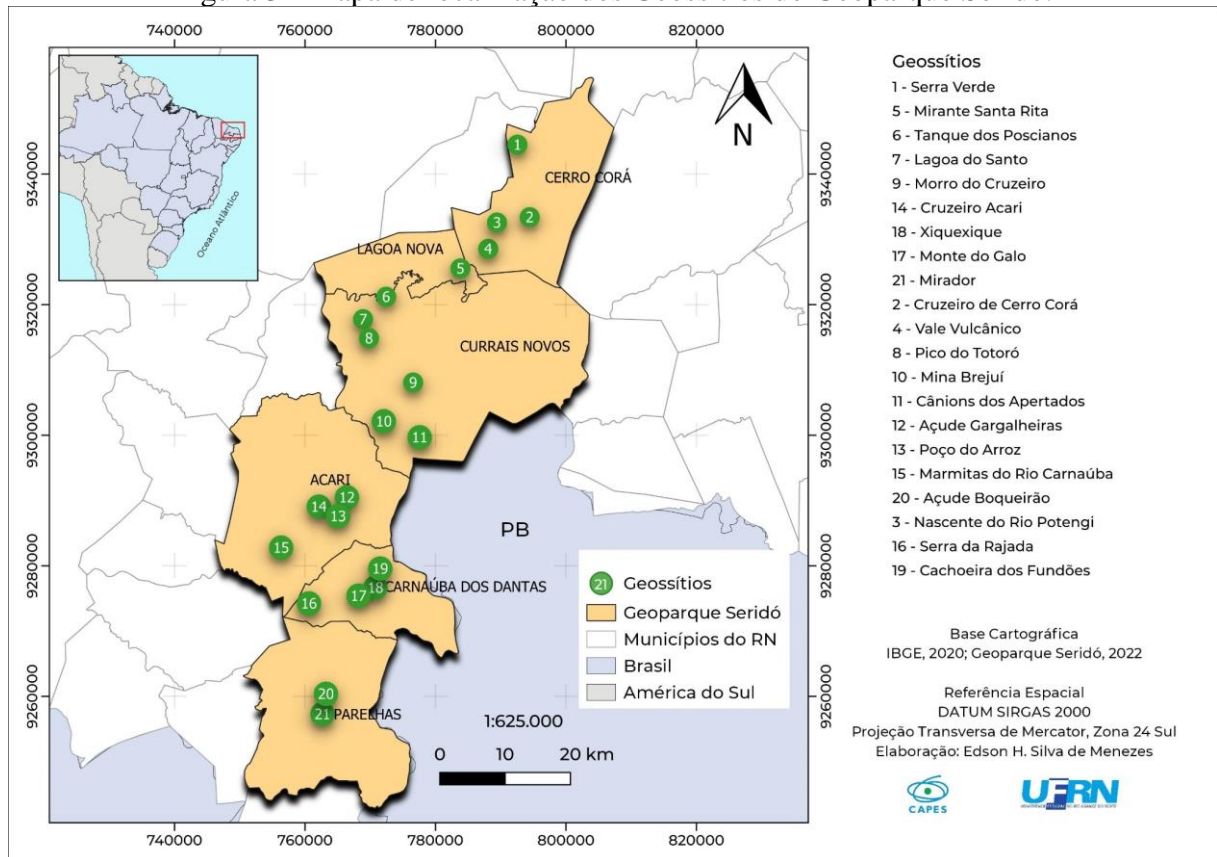
(LEAL *et al.*, 2003, p.23).

A Caatinga típica da região semiárida apresenta duas formações principais: a Hipoxerófila e a Hiperxerófila. A primeira corresponde aos espécimes dos estratos arbustivos-arbóreos, que são geralmente caducifólios ou semicaducifólios e condicionados pelo solo e clima. Já a segunda formação apresenta estratos arbustivo-arbóreos homogêneos e de porte intermediário, com altura variando entre 3 e 6 metros. Essa formação é conhecida por sua resistência aos períodos de seca, graças aos seus mecanismos anátomo-fisiológicos que ajudam a minimizar os efeitos da falta de chuva. (RIO GRANDE DO NORTE, 2009).

3.3 Geossítios do Geoparque Seridó

Ao todo, 21 geossítios (Figura 3) fazem parte do Geoparque Seridó, sendo eles: Serra Verde, Cruzeiro de Cerro Corá, Nascente do Rio Potengi, Vale Vulcânico, Mirante de Santa Rita, Tanque dos Poscianos, Lagoa do Santo, Pico do Totoró, Mina Brejuí, Cânions dos Apertados, Açude Gargalheiras, Poço do Arroz, Cruzeiro de Acari, Morro do Cruzeiro, Marmitas do Rio Carnaúba, Serra da Rajada, Monte do Galo, Xiquexique, Cachoeira dos Fundões, Açude Boqueirão e Mirador.

Figura 3 - Mapa de localização dos Geossítios do Geoparque Seridó.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.3.1 Geossítio Serra Verde

O Geossítio Serra Verde (Figura 4) está localizado sob a latitude: $5^{\circ}56'10''$ S e longitude: $36^{\circ}21'47''$ W, situado a 11 km do centro da cidade de Cerro Corá, ficando na borda NE da Serra de Santana. No trajeto que pode ser feito até o geossítio é possível observar alguns afloramentos de granada biotita xisto miloníticos oriundos da Formação Seridó, além de blocos rolados de arenitos ferruginosos da Formação Serra do Martins (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

O geossítio apresenta alguns atrativos geoturísticos que envolvem geoformas (essas geoformas foram criadas pela atuação dos processos erosivos e também pela ação do vento na rocha), pode ser encontrado tanques fossilíferos e pinturas rupestres. Alguns destaques como a Pedra do Nariz, Pedra Cabeça de Dinossauro, Lagoa/Tanque Azul (local contendo água e que foi encontrado alguns fósseis da megafauna pré-histórica), Casas de Pedra (alguns blocos rochosos que lembram construções feitas pelo homem) e o Sítio Arqueológico (local esse que tem forma de gruta e que abrigava homens pré-históricos, contendo diversas pinturas rupestres de animais e pessoas) (DINIZ, 2003; ALEXANDRE, 2006).

Figura 4 - Geossítio Serra Verde



Fonte: Getson Luís

3.3.2 Geossítio Cruzeiro de Cerro Corá

O Geossítio Cruzeiro de Cerro Corá (Figura 5) está localizado sob a latitude: $6^{\circ}02'11''$ S e longitude: $36^{\circ}20'44''$ W, situado na área urbana do município de Cerro Corá, borda NE da Serra de Santana. O local possui um cruzeiro sobre as rochas de natureza granítica, com altitude aproximadamente de 610 metros. Os granitos são inequigranulares, de textura média a grossa, de cor rósea, compostos por K-feldspato, quartzo, plagioclásio, e em pequenas proporções biotita, titanita, zircão, apatita e minerais opacos (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 5 - Imagem aérea do Geossítio Cruzeiro de Cerro Corá



Fonte: Getson Luís

O principal atrativo do geossítio é sem dúvida a vista panorâmica em que se é possível contemplar toda área urbana da cidade de Cerro Corá e vizinhanças, além disso, também é possível observar parte do pico vulcânico do Cabugi, que se encontra localizado a cerca de 40 km na direção norte do geossítio (DINIZ, 2003; ALEXANDRE, 2006).

3.3.3 Geossítio Nascente do Rio Potengi

O Geossítio Nascente do Rio Potengi (Figura 6) está localizado sob a latitude $6^{\circ}02'40''$ S e longitude $36^{\circ}23'28''$ W, localizado na encosta da Serra de Santana, sendo esse um dos principais atrativos da cidade de Cerro Corá. O rio Potengi é considerado um dos principais afluentes do Rio Grande do Norte, percorrendo cerca de 170 km a partir da região do Seridó até desaguar no oceano Atlântico, na capital Natal. Durante a trilha até chegar ao geossítio pode ser observado arenitos e conglomerados associados à formação Serra do Martins, principal unidade que capeia a Serra de Santana (GEOPARQUE SERIDÓ, 2022).

Figura 6 - Geossítio Nascente do Rio Potengi



Fonte: Getson Luís

3.3.4 Geossítio Vale Vulcânico

O Geossítio Vale Vulcânico (Figura 7) está localizado sob a latitude: $6^{\circ}04'50''$ S e longitude: $36^{\circ}24'10''$ W, situado a 15 km a SW do centro de Cerro Corá, na borda sudeste da Serra de Santana. O acesso ao local só é possível através de um trajeto que pode ser feito por estradas carroçáveis que levam a uma trilha turística. Esta trilha tem cerca de 2 km e dela é

possível ter acesso ao leito do Riacho da Pedreira, local este em que é possível encontrar rochas vulcânicas. Durante trilha é possível observar o relevo da região denotado pela escarpa erosiva da Serra de Santana, em que o topo plano representa um platô em rochas sedimentares oriundo da formação Serra do Martins. Além disso, em alguns pontos da trilha existem alguns mirantes para a observação da paisagem (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 7 - Imagem aérea do Geossítio Vale Vulcânico



Fonte: Diogo Bernardino Santos de Medeiros (2022).

O corpo vulcânico do geossítio apresenta um formato alongado que segue em direção NW-SE, cortados por drenagens que são controladas por falhas, essas responsáveis por moldarem íngremes paredões de basalto, também são conhecidos como Muralha Vulcânica, seguindo aquela mesma direção. No topo do *Plug* (que se encontra a cerca de 600 m de altitude) também é possível encontrar uma grande quantidade de blocos de basalto, esses são movimentados em direção a encosta, formando um depósito de talus bastante singular e muito expressivo na paisagem do geossítio. (SILVEIRA, 2006; ALEXANDRE, 2006).

3.3.5 Geossítio Mirante Santa Rita

O Geossítio Mirante Santa Rita (Figura 8) está localizado sob a latitude: $6^{\circ}06'17''$ S e longitude: $36^{\circ}26'28''$ W, ficando a cerca de 3,5 km a ESSE do centro da cidade de Lagoa Nova, nas proximidades da RN-087, que liga a cidade de Lagoa Nova até a cidade de Cerro Corá, sobre a Serra de Santana. O geossítio se encontra em frente à Pousada Chalés dos Cajueiros que está localizado a cerca de 150 metros da estrada principal, na parte sul da Serra da Santana, a

cerca de 733 metros de altitude. Neste geossítio são encontrados arenitos grossos a muito grossos, por vezes tendendo a conglomeráticos, de coloração castanha clara a esbranquiçada. Possuem estratificações cruzadas acanaladas de grande porte ou por vezes encontram-se maciços, contendo seixos e grânulos de argila (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 8 - Imagem aérea do Geossítio Mirante Santa Rita



Fonte: Diogo Bernardino Santos de Medeiros (2022).

Do geossítio é possível ter uma visão panorâmica da cidade de Currais Novos (a cerca de 20 km a SW), além da Serra da Umburana, além do Pico do Totoró, formado por granitos de textura porfirítica, além de dioritos e gabros (MENEZES, 1999).

3.3.6 Geossítio Tanque dos Poscianos

O Geossítio Tanque dos Poscianos (Figura 9) está localizado no município de Lagoa Nova, sob a Latitude 6°08'07'' S e longitude 36°32'37'' W, situado na borda da Serra de Santana. Para chegar até o local é necessário percorrer uma trilha de cerca de 900 m, em que é possível observar corpos de arenitos grossos e conglomerados da Formação Serra do Martins, além de laterita associada. A litologia principal do geossítio é um granito irregular de granulometria média e porfirítica, composto principalmente por K-feldspato, quartzo, plagioclásio e biotita. O principal interesse deste geossítio é geomorfológico, uma vez que o mesmo permite uma vista panorâmica para toda região sul do Geoparque Seridó, além do

interesse petrológico. Assim, pode ser atribuído um valor local/regional o geossítio (GEOPARQUE SERIDÓ, 2022).

Figura 9 - Imagem aérea do Geossítio Tanque dos Poscianos

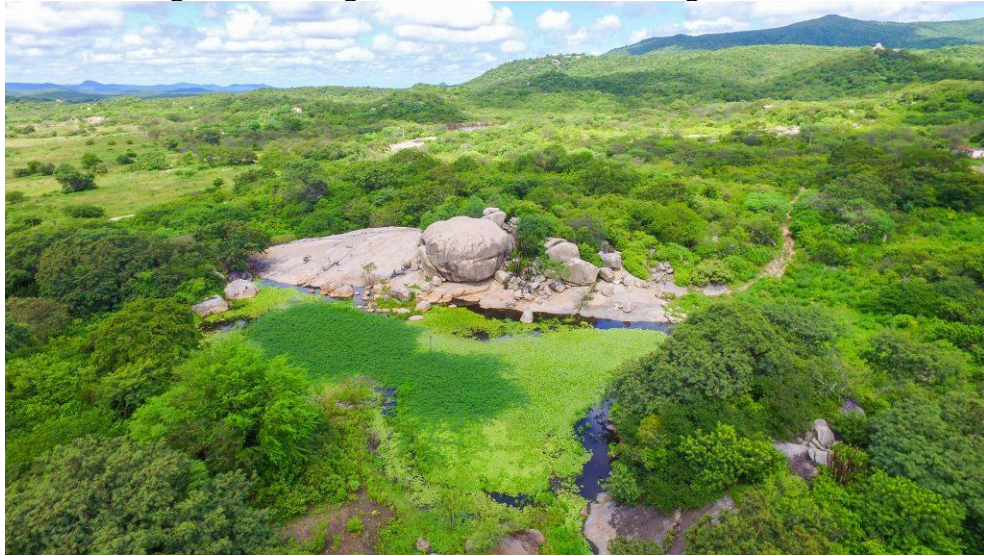


Fonte: Getson Luís

3.3.7 Geossítio Lagoa do Santo

O Geossítio Lagoa do Santo (Figura 10) está localizado no município de Currais Novos, sob a latitude $6^{\circ}10'43''$ S e longitude $36^{\circ}34'32''$ W. O acesso ao local é feito por meio de uma estrada não pavimentada, distante cerca de 11 km do centro da cidade de Currais Novos seguindo em direção norte. No local predominam, geologicamente, blocos de granito inequigranulares de granulometria média a grossa, composto essencialmente de K-feldspato, plagioclásio, quartzo, biotita e minerais opacos. As rochas intrusivas são associadas com a Suíte Intrusiva Itaporanga, ou Plúton Totoró, datado em 591 milhões de anos. No centro do geossítio pode ser observado um acúmulo de água, formando uma pequena lagoa com profundidade de aproximadamente 3 metros em época de cheia. São observadas algumas geoformas, como por exemplo a Pedra das Tartarugas, além do atrativo Pedra do Sino que devido a sua posição de estabilidade com o bloco subjacente produz som de badaladas ao ser batido com outra rocha ou algum material metálico. Alguns registros rupestres, como forma de pinturas também estão presentes nesse geossítio (GEOPARQUE SERIDÓ, 2022).

Figura 10 - Imagem aérea do Geossítio Lagoa do Santo



Fonte: Getson Luís

3.3.8 Geossítio Pico do Totoró

O Geossítio Pico do Tororó (Figura 11) localizado sob a latitude $36^{\circ}34'02''$ W e longitude $6^{\circ}12'07''$, no município de Currais novos. O acesso ao geossítio é feito por meio de estradas carroçáveis que levam até o Distrito Totoró, pequena localidade onde se deu início a expansão populacional da cidade de Currais Novos, hoje sede do município. São encontradas no geossítios rochas de natureza graníticas, inequigranulares de textura grossa a porfirítica, de cor cinza a rósea contendo minerais grandes, conhecidos como fenocristais, descritos como K-feldspato. Além de K-feldspato ocorre ainda plagioclásio e quartzo, bem como biotita, anfibólio, titanita, minerais opacos, allanita, epidoto, apatita e zircão (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 11 - Imagem aérea do Geossítio Pico do Totoró



Fonte: Getson Luís

Alguns atrativos geoturístico do geossítio são geofomas criadas pela atuação dos processos erosivos e por intemperismo esculpidas pela ação do vento, além de fósseis e pinturas rupestres. Alguns exemplos são: Pedra do Caju, que o nome já diz, lembra um enorme caju com a castanha; Pedra do Letreiro, que era um antigo abrigo de homens pré-históricos que viveram na região. Pedra Furada, contendo pintura de rupestres de animais e pessoas (PORPINO; SANTOS, 1997; SANTOS, 2001; MEDEIROS, 2003).

3.3.9 Geossítio Morro do Cruzeiro

O Geossítio Morro do Cruzeiro (Figura 12) está localizado na área urbana de Currais Novos, sob a latitude: $6^{\circ}15'58''$ S e longitude $36^{\circ}30'21''$ W, na entrada da cidade vindo de Santa Cruz pela BR-228. O cruzeiro está assentado em pegmatito (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Ocorrem no geossítio diques de pegmatito inequigranular de textura grossa a porfirítica, de cor rósea, compostos por K-feldspato, quartzo, plagioclásio, além de biotita, muscovita e titanita (BAUMGARTNER *et al.*, 2006).

O principal atrativo do geossítio é a contemplação da cidade de Currais Novos e é muito comum a peregrinação religiosa até o afloramento. Atualmente o geossítio encontra-se parcialmente pichado (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 12 - Imagem aérea do Geossítio Morro do Cruzeiro



Fonte: Getson Luís

3.3.10 Geossítio Mina Brejuí

O Geossítio Mina Brejuí (Figura 13) está localizado no município de Currais Novos, sob a latitude $6^{\circ}19'12''$ S e longitude $36^{\circ}33'06''$ W. A mina se encontra a cerca de 10 km do centro da cidade Currais Novos, na margem direita da BR-427 sentido Acari. Durante o trajeto até o geossítio é possível identificar afloramentos de micaxistos e pegmatitos. É possível identificar paragnaisses de cor cinza, constituídos de quartzo, feldspato e biotita, além disso é encontrado epidoto, microclina, muscovita, minerais opacos, remolita/actinolita. É principalmente nas rochas calcissilicáticas que ocorrem a mineralização de tungstênio, devido a presença de scheelita (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 13 - Imagem aérea do Geossítio Mina Brejuí



Fonte: Diogo Bernardino Santos de Medeiros (2022).

Nesse geossítio estão situados alguns atrativos turísticos, dentre eles o Parque Temático Mina Brejuí que foi criado em 2000 recebendo milhares de visitantes entre turistas e estudantes, tanto do Brasil, como do exterior. Túneis e Galerias em que é possível o visitante conhecer as rochas da região, além de poder visualizar a sheelita. É possível também visualizar as chaminés, as colunas de sustentação da mina, o Memorial Tomaz Salustino (museu que conta a história do fundador da mina), o Museu Mineral Mário Porto, Mirante das Dunas, a Igreja de Santa Tereza localizada na vila dos operários e a Gruta de Santa Bárbara (construída em homenagem a santa) (CAVALCANTI NETO, 1986; SOUZA, 1996; NESI *et al.*, 2001).

3.3.11 Geossítio Cânions dos Apertados

O Geossítio Cânions dos Apertados (Figura 14) está situado a 10 km, sentido SE do centro de Currais Novos, sob a latitude $6^{\circ}20'31''$ S e longitude $36^{\circ}30'07''$ W, na área privativa da fazenda Aba da Serra, no leito do Rio Picuí, ao longo da Serra da Timbaúba. No geossítio ocorre quartzito constituído majoritariamente por quartzo e muscovita, biotita e minerais opacos. Apresenta uma foliação tectônica bem evidente, caracterizada pelo estiramento dos minerais, por dobras e também fraturas de direção NE com ângulos de 75° a 80° . Existe a ocorrência de diques de pegmatitos que cortam o quartzito, formados por K-feldspato, quartzo, biotita e turmalina (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 14 - Imagem aérea do Geossítio Cânions dos Apertados



Fonte: Getson Luís

3.3.12 Geossítio Açude Gargalheiras

O Geossítio Açude Gargalheiras (Figura 15) está localizado a cerca de 4,5 km do centro da cidade de Acari, no entorno do açude público Marechal Dutra (popularmente conhecido como Açude Gargalheiras, por causa do gargalo formado entre as serras) sob a latitude $6^{\circ}25'32''$ S e longitude $36^{\circ}36'08''$ W, município de Acari, RN. No geossítio ocorrem granitos inequigranulares de textura média a grossa composto por fenocristais de K-feldspato, quartzo, plagioclásio e biotita, essa em pequenas proporções, além de anfibólio, titanita, zircão, apatita e minerais opacos (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 15 - Imagem aérea do Geossítio Açude Gargalheiras



Fonte: Diogo Bernardino Santos de Medeiros (2022).

3.3.13 Geossítio Poço do Arroz

O Geossítio Poço do Arroz (Figura 16) está localizado a aproximadamente 2,5 km, sentido leste, do centro de Acari, a SSW do açude Gargalheiras, nas margens do rio Acauã, sob a latitude 6°26'22'' S e longitude 36°36'52'' W. No geossítio em questão ocorrem granitos inequigranulares de textura média a grossa, de cor cinza a rósea, compostos por fenocristais de K-feldspato (alcançando até três centímetros em seu eixo maior), quartzo, plagioclásio, e em pequenas proporções biotita, anfibólio, titanita, zircão, apatita e minerais opacos (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 16 - Imagem aérea do Geossítio Poço do Arroz



Fonte: Getson Luís

3.3.14 Geossítio Cruzeiro Acari

O Geossítio Cruzeiro de Acari (Figura 17) está situado na área urbana da cidade de Acari, início da RN-228 que liga Acari a cidade de Cruzeta, sob a latitude $6^{\circ}26'19''$ S e longitude $36^{\circ}38'28''$ W. No geossítio ocorrem granitos inequigranulares de textura média a grossa composto por fenocristais de K-feldspato, quartzo, plagioclásio e biotita, essa em pequenas proporções, além de anfibólio, titanita, zircão, apatita e minerais opacos (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 17 - Geossítio Cruzeiro Acari



Fonte: Getson Luís

3.3.15 Geossítio Marmitas do Rio Carnaúba

O Geossítio Marmitas do Rio Carnaúba (Figura 18) está situado a 8,5 km, a SW, do centro de Acari, próximo a Comunidade Barra da Carnaúba, sob a latitude 6°29'44'' S e longitude 36°41'35''W (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

No geossítio são encontrados granitos inequigranulares de textura média a grossa, de cor cinza, compostos por fenocristais de K-feldspato, quartzo, plagioclásio, biotita, essas em pequenas proporções, além de anfibólio, titanita, zircão, apatita e minerais opacos (JARDIM DE SÁ *et al.*, 1986; LEGRAND *et al.*, 1991).

Figura 18 - Imagem aérea do Geossítio Marmitas do Rio Carnaúba



Fonte: Getson Luís

O geossítio é marcado pelas marmitas ou caldeirões que apresentam cavidades produzidas pela erosão fluvial, que associadas às condições litológicas, estruturais e topográficas locais formaram esse tipo de estrutura. O movimento das águas do rio carregadas de sedimentos produziu atrito suficiente para desgastar as rochas e assim formar as marmitas (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

3.3.16 Geossítio Serra da Rajada

O Geossítio Serra da Rajada (Figura 19) está localizado no município de Carnaúba dos Dantas, cerca de 4 km do centro urbano, sob a latitude 6°33'05'' S e longitude 36°39'15'' W. O geossítio se destaca no relevo local como um imponente *inselberg* com cerca de 500 m de

altura que pode ser visto à distância. Trata-se de um corpo granítico formado essencialmente por quartzo, feldspato, plagioclásio e biotita. As atividades turísticas no geossítio são de aventura, como rapel, escalada, montanhismo, além da contemplação da paisagem do seu topo (GEOPARQUE SERIDÓ, 2022).

Figura 19 - Geossítio Serra da Rajada



Fonte: Acevo do autor

3.3.17 Geossítio Monte do Galo

O Geossítio Monte do Galo (Figura 20) está localizado no município de Carnaúba dos Dantas, aproximadamente 1 km, a NE, do centro da cidade, sob a latitude $6^{\circ}33'42''$ S e longitude $36^{\circ}35'08''$ W, o acesso até o local é feito por meio de uma estrada pavimentada que leva ao Cruzeiro Monte do Galo. No local é possível encontrar rocha de natureza pegmatítica, inequigranular de textura média a grossa, de cor creme a rósea, formada principalmente por quartzo, fenocristais de feldspato, além de plagioclásio, biotita, muscovita e turmalina (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 20 - Geossítio Monte do Galo



Fonte: Eugênio Oliveira

3.3.18 Geossítio Xiquexique

O Geossítio Xiquexique (Figura 21) está situado sob a latitude $6^{\circ}33'01''$ S e longitude $36^{\circ}33'34''$ W, ficando distante cerca de 3,5 km do centro de Carnaúba dos Dantas, lado esquerdo do rio Carnaúba. O geossítio é constituído principalmente por quartzitos da formação Equador de cor esbranquiçada a cinza, com tons de creme e alguns pontos de minerais escuros. Apresenta foliação tectônica bem evidenciada, com baixo ângulo, caracterizada pelo estiramento de seus componentes minerais (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 21 - Imagem aérea do Geossítio Xiquexique



Fonte: Diogo Bernardino Santos de Medeiros (2022).

3.3.19 Geossítio Cachoeira dos Fundões

O Geossítio Cachoeira dos Fundões (Figura 22) está situado sob a latitude 6°31'26'' S e longitude 36°33'20'' W, com trajeto plano e aberto e um percurso de 4 km, ida e volta da cidade de Carnaúba dos Dantas. No que se refere a geologia do local, é possível encontrar quartzitos e pegmatitos. Os quartzitos apresentam uma textura lepidogranoblástica fina a média, de cor esbranquiçada a cinza, com tons de creme e alguns pontos de minerais escuros. O pegmatito ocorre em forma de veios, diques e soleiras, filões e bolsões. São inequigranular com textura média a grossa, de cor creme a rósea e formado basicamente por quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita, muscovita e turmalina (GEOPARQUE SERIDÓ, 2022).

Figura 22 - Geossítio Cachoeira dos Fundões



Fonte: Marcos Nascimento

3.3.20 Geossítio Açude Boqueirão

O Geossítio Açude Boqueirão (Figura 23) está situado no município de Parelhas, a 2,5 km a leste do centro da cidade sede, no entorno do açude público Ministro João Alves (popularmente conhecido como Açude Boqueirão de Parelhas), sob a latitude 6°41'52'' S e longitude 36°37'48'' W. O geossítio é formado de metaconglomerados constituídos por seixos de gnaises, xistos, quartzitos em matriz quartzosa de granulometria média e cor verde a cinza. A matriz é formada basicamente por plagioclásio, quartzo, microclina, biotita e clorita, além de titanita e minerais opacos. Ocorrem também quartzitos formados por quartzo, além de muscovita, epidoto e minerais opacos (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 23 - Imagem aérea do Geossítio Açude Boqueirão



Fonte: Diogo Bernardino Santos de Medeiros (2022).

Alguns dos atrativos geoturísticos do geossítios são geofomas que são resultantes da atuação intemperismo e dos processos erosivos da ação das chuvas e dos ventos, como a Pedra da Princesa Encantada, Pedra do Príncipe que virou Sapo, Esfinge da Princesa, Diversidade Mineral (turmalina, água marinha, granada, ametista, feldspatos e quartzo) e o Mirante de Parelhas (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

3.3.21 Geossítio Mirador

O Geossítio Mirador (Figura 24) está situado a cerca de 4 km, a SE, do centro de Parelhas, também localizado próximo ao açude público Ministro João Alves, sob a latitude $6^{\circ}42'49''$ S e longitude $36^{\circ}38'05''$ W. No geossítio ocorrem metaconglomerados com seixos de gnaisses, xistos e quartzitos em matriz quartzosa de granulometria média e cor verde e cinza. A matriz mencionada é formada por plagioclásio, quartzo, microclina, biotita e clorita, além de quartzitos formados por quartzo, muscovita, epidoto e minerais opacos, com cores variando de branco a creme. No local é possível encontrar uma geofoma conhecida como Pedra da Boca, que foi formada através da atuação do intemperismo e dos processos erosivos pela ação das chuvas e ventos (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

Figura 24 - Imagem aérea do Geossítio Mirador



Fonte: Diogo Bernardino Santos de Medeiros (2022).

4 METODOLOGIA

4.1 Abordagem Metodológica

Para que seja possível chegar ao objetivo deste trabalho, será utilizado o método indutivo, que atualmente tem ganhado versões mais sofisticadas, como a Inferência à Melhor Explicação (IME) e/ou simplesmente abdução (DINIZ; SILVA, 2018).

As três etapas/elementos principais no método indutivo são: (i) observação dos fenômenos, (ii) busca de relações existentes entre os fenômenos observados e (iii) a generalização das relações que foram distinguidas. Essas relações devem ser verdadeiras, como o perfil dos fenômenos em circunstâncias iguais devem ser iguais, mas correndo o risco de realizar uma generalização falsa (BERNARDINO, 2019).

Bernardino (2019), explica que assim como a indução, a abdução de assemelha pelo fato de basear-se em fatos empíricos, mas que no caso da abdução ela começa com a evolução dos padrões empíricos para as teorias tentativa, seguindo parte do processo proposto por Popper no método hipotético-dedutivo.

4.2 Procedimentos Metodológicos

4.2.1 Base cartográfica do Geoparque Seridó

Para produção dos produtos cartográficos da pesquisa, foi necessário a elaboração de uma base em ambiente SIG.

A delimitação do Geoparque Seridó foi obtida através dos *shapefiles* disponibilizados no portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A malha digital usada foi do ano de 2020 (IBGE, 2020). Dessa forma, foram selecionados os municípios que compõe o Geoparque Seridó e posteriormente foram salvas as feições selecionadas no *Software* QGIS 3.16 e exportadas para a pasta de destino com o devido sistema de referência geográfica.

4.3.2 Estimativa de Perdas de Solo no Geoparque Seridó

A estimativa das perdas de solo no Geoparque Seridó foi realizada em ambiente SIG através da USLE, proposta por Wischmeier e Smith (1978):

$$A = R.K.LS.C.P \quad (1)$$

Sendo A é perda de solo por unidade de área ao longo do tempo ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$); R é o fator de erosão causado pela chuva ($MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$); K o fator de erodibilidade do solo ($t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$); LS o fator topográfico, que representa a relação de perdas de solo entre uma declividade e um comprimento de rampa para o mesmo solo e grau de declividade (adimensional); C é o fator de cobertura e manejo do solo (adimensional); P é o fator de práticas conservacionistas (adimensional).

O fator R representa a capacidade da chuva de causar desprendimento das partículas de solo. Para determiná-lo foram obtidos dados pluviométricos disponibilizados no site da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), com série histórica de 2005 a 2020, sendo essa a série que possuía o maior número de estações e o menor número de falhas mensais e anuais de dados pluviométricos nas estações pluviométricas utilizadas. Para interpolação dos dados foi o utilizado o método Inverse Distance Weighting (IDW), ou Ponderação pelo Inverso da Distância, que calcula um valor interpolado com base nos valores conhecidos de uma variável em pontos de amostra próximos, ponderando esses valores de acordo com a distância do ponto de interpolação a cada ponto de amostra.

A Tabela 1 a seguir apresenta quais estações pluviométricas foram analisadas, sua série histórica e quais os períodos de falhas de cada uma delas. A partir dessa análise foi possível determinar quais estações seriam aplicadas ao estudo e qual série histórica seria utilizada. Todas as estações foram utilizadas para o cálculo de Fator R e a série histórica foi de 2005 a 2020, como mencionado acima.

Tabela 1 - Estações analisadas, série histórica e seus períodos de falhas de dados.

Código	Estações	Períodos de Falhas	Falhas (%)
636007	Açude Gargalheiras (Acari)	mai. ago. out. a dez. de 2007/ nov. dez. de 2010/ ago. a dez. 2011. nov. de 2012/ nov. de 2013.	7,3
636056	Carnaúba dos Dantas	dez. de 2008/ nov. de 2010/ set. a dez. de 2011/ 2012/ out. de 2014	9,9
636026	Cerro Corá	set. a dez. de 2006 e 2007/ jul. a dez. de 2008/ set a dez. de 2009/ ago. a dez. de 2010 e 2011/ out. a dez. de 2013	16,1
636025	Currais Novos	jul. a nov. de 2005/ 2007/ ago. a dez. de 2011// mai. e de jul. a nov. de 2013/ ago. a dez. de 2014/ 2015/ 2016/ 2017/ jan. e fev. de 2018	37,0

636012	Lagoa Nova	mai. e set. a dez. de 2007/ ago. a dez. de 2008/ dez. de 2009/ nov. e dez. de 2010/ ago. dez. de 2011/ 2012/ jul. a set. e dez. de 2020	18,2
636018	Parelhas	ago., set., nov. e dez de 2010/ out. a dez. de 2014/ dez. de 2016 e 2017	4,7
636001	Cruzeta	Nov. a dez. de 2011 e 2012/ out a dez. de 2016	3,6
636021	Santa Cruz	out. a dez. de 2008/ nov. e dez. de 2010/ out. a dez. de 2011/ nov. e dez. de 2013/ nov. de 2014/ nov. de 2016	6,3
536018	Santana do Matos	dez. de 2009/ ago. a dez. de 2011/ dez. de 2012/ ago. a nov. de 2013/ out. e nov. de 2016/ out. e dez. de 2020	7,8
636005	Florânia (Flores)	Dez. de 2008/ ago. a dez. de 2011/ dez. de 2012/ out. e nov. de 2014/ out. de 2016	5,2
636013	Sítio Passagem (Jardim do Seridó)	ago. de 2008/ ago. a dez. de 2011 e 2012/ dez. de 2013/ nov. de 2014/ nov. e dez. de 2016	7,8
636054	São José do Seridó (Faz. Catinga Grande)	Out. de 2007/ ago. a dez. de 2011/ jan. a mar. De 2012	4,7
636010	São Vicente (Luiza)	Ago., out. a dez. de 2008/ out. e dez. de 2009/ ago., set., nov. dez. de 2010/ nov. e dez. de 2011/ dez. de 2013/ out. de 2014	7,3
536017	São Tomé	2006/ nov. e dez. de 2009/ 2010/ nov. e dez. de 2011/ fev., ago. a dez. de 2012/ ago. a dez de 2013/ 2014/ 2015/ 2016/ jan. e fev. de 2017/ dez. de 2017/ jun. de 2020	34,9

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

As falhas das estações foram preenchidas com base no método de Ponderação Regional (PR) descrito por Tucci (2001). Neste método são selecionadas pelo menos 3 estações próximas do posto com falhas que tenham pelo menos 10 anos de dados e que estejam localizadas em uma região climática semelhante à estação a ter as falhas preenchidas.

Para as estações em que não foi possível encontrar 3 estações próximas sem falhas nos mesmos anos ou meses, foi usado o método de obter a média mensal de toda série histórica para aquele mesmo mês que estava com falhas.

Para determinação do fator R , a equação utilizada foi a proposta por Silva (2001), conforme recomendado por Silva (2004) para a região do Nordeste brasileiro:

$$R = 42.307 * \left(\frac{M_x^2}{P} \right) + 69.763 \quad (2)$$

Em que R é a erosividade da chuva ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{hr}\cdot\text{ano}^{-1}$); P é a precipitação média mensal (mm); e M_x^2 é a precipitação total anual (mm).

O fator K representa a susceptibilidade que um determinado solo ser erodido, estando diretamente relacionado com as suas características físicas. O fator K pode ser obtido através da equação proposta por Williams (1975), que leva em consideração as frações de areia grossa, areia fina, silte, argila e carbono orgânico presentes no solo:

$$K = f_{areia\ g} \cdot f_{ar-si} \cdot f_{Corg} \cdot f_{areia\ f} \quad (3)$$

Onde $f_{areia\ g}$ é a fração de areia grossa; f_{ar-si} é a fração de argila e silte; f_{Corg} é a fração de carbono orgânico e $f_{areia\ f}$ é a fração de areia fina.

Cada fator da equação 3 é calculado separadamente a partir das seguintes equações:

$$f_{areia\ g} = \{ 0,2 + 0,3 e^{[0,256\alpha \cdot (1 - \frac{ms}{100})]} \} \quad (4)$$

$$f_{ar - si} = \left(\frac{ms}{ms + marg} \right)^{0,3} \quad (5)$$

$$f_{Corg} = 1 - \frac{0,25 \cdot Corg}{Corg + e^{(3,72 - 2,95 \cdot Corg)}} \quad (6)$$

$$f_{areia\ f} = 1 - \frac{0,7 \cdot (1 - \frac{m\alpha}{100})}{\left(1 - \frac{m\alpha}{100} \right) + e^{[-5,51 + 22,9 \cdot (1 - \frac{m\alpha}{100})]}} \quad (7)$$

Onde, ma representa a fração de areia da amostra de solo que representa granulometria de 0,05 – 2 mm; ms é a fração de silte da amostra de solo que representa granulometria de 0,002 – 0,05 mm; $marg$ é a fração de argila da amostra de solo que representa granulometria menor que 0,002 mm; e $Corg$ é o percentual de carbono orgânico no solo.

As informações físicas para cada tipo de solo foram adquiridas na plataforma do Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos) para mapeamento de escala 1:250.000 (CPRM, 2020), e os dados granulométricos coletados a partir do Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte e Paraíba (1971) campos: 4, 16,

19, 26, 43 e 63. Esses são os campos referentes aos pontos de amostragem localizados na região do Geoparque Seridó, necessários para a obtenção do fator K da USLE.

A Tabela 2 apresenta a composição granulométrica dos solos encontrados no Geoparque Seridó. O Argissolo Vermelho Eutrófico apresenta um maior índice de Carbono Orgânico e dentre classes de solos é a que apresenta o maior número de Fator K , seguido de Luvisolo Crômico e Neossolo Litólico.

Os valores do fator K obtidos por meio da Equação 3 foram adequados do sistema inglês para o sistema internacional utilizando o fator de conversão 0,1317, conforme recomendado por ANACHE *et al.* (2015). Esse fator de conversão utilizado aproximou o número de fator K obtido através das características físicas dos solos dos valores de K existentes na literatura.

Tabela 2 - Composição granulométrica dos solos do Geoparque Seridó.

Solos	Areia fina (%)	Areia grossa (%)	Argila (%)	Silte (%)	Carbono Org. (%)
Argissolo Vermelho Eutrófico	47	23	14	16	11,3
Latossolo Amarelo Distrófico	69	12	12	7	7,8
Latossolo Amarelo Eutrófico	49	36	9	6	9,2
Luvisolo Crômico Órtico	14	39	10	37	5,7
Neossolo Litólico Eutrófico	64	26	7	25	6,5
Neossolo Regolítico Eutrófico	51	27	9	13	7,2

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O fator LS considera a capacidade que o comprimento e a declividade das encostas têm de influenciar no processo de erosão causado pela chuva. O fator LS foi obtido por meio do processamento em ambiente SIG das imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 m, oriundas do projeto NASADEM, e disponibilizadas no portal do *EARTHDATA* do *United States Geological Survey* (USGS). O cálculo do fator LS foi baseado na equação desenvolvida por Zhang *et al.* (2009), implementada na extensão ArcMusle:

$$LS = \left(\frac{V \cdot \Delta}{22,13} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{\sin \theta}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (4)$$

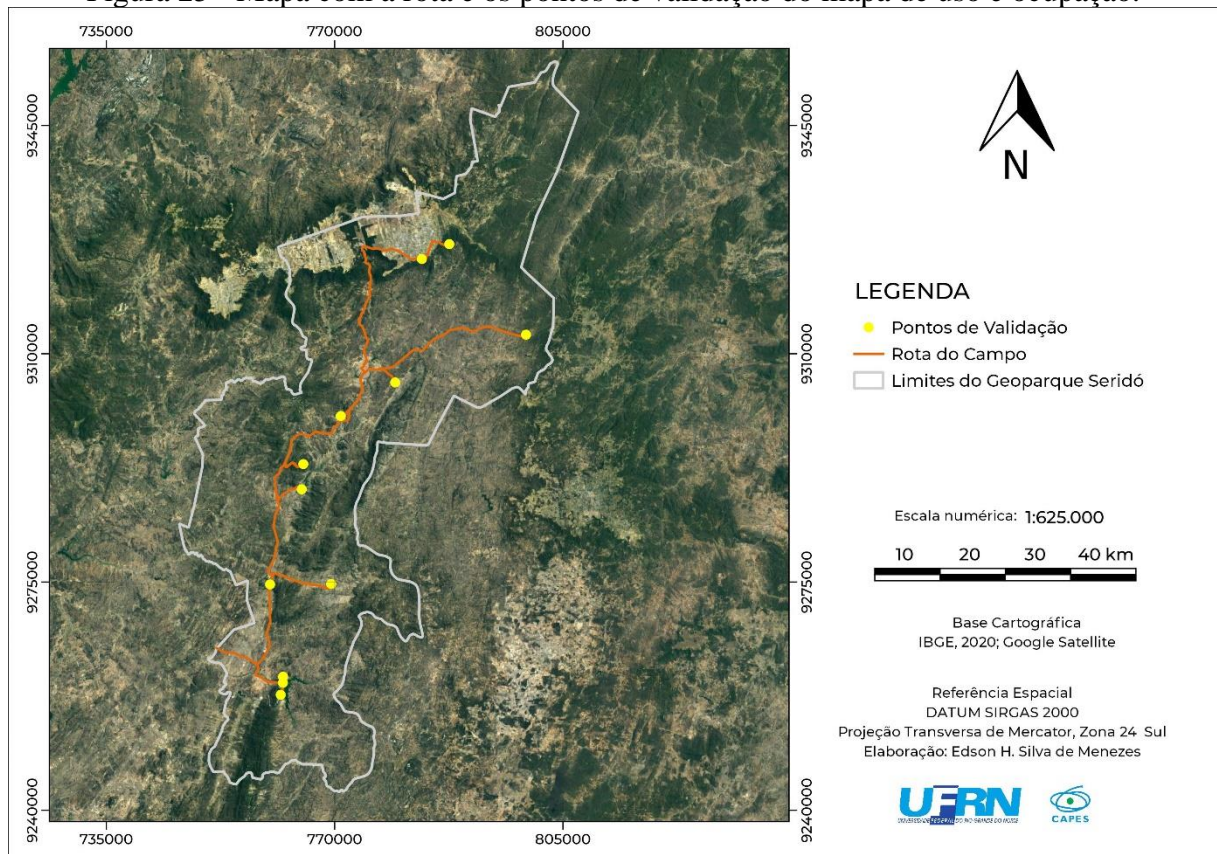
Em que V significa o fluxo acumulado de cada célula; Δ o tamanho de cada célula da imagem dado em metros; θ o ângulo de declividade em graus.

O fator *C* representa a capacidade que cada uso e ocupação do solo tem de sofrer processos erosivos. Os valores do fator *C* foram obtidos na literatura e associados as respectivas classes do mapa de uso e ocupação do solo readaptado do “Mapeamento e análise integrada das unidades de paisagem (geofácies) do Seridó Potiguar” produzido por Bernardino (2019).

Esse mapa produzido por Bernardino (2019) foi verificado em campo nos dias 15/07/2022 e 16/07/2022 em que foram percorridos 163 km no Geoparque Seridó (Figura 25), visitados 8 geosítios e realizadas imagens a nível do terreno e aéreas por meio de um veículo aéreo não tripulado (VANT).

A validação mostrou como resultado uma exatidão global de 91%, valor que pode ser considerado como muito bom. Já o índice *kappa*, o mapeamento obteve um valor de 0,89, sendo considerado uma qualidade de classificação excelente, segundo os conceitos de concordância utilizados por Landis & Koch (1977).

Figura 25 - Mapa com a rota e os pontos de validação do mapa de uso e ocupação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Tabela 3 apresenta os valores de Fator *C* adquiridos na literatura. Esses valores foram adquiridos com base no tipo de uso e características físico-naturais, buscando sempre

trabalhos realizados na região semiárida do Brasil para que os valores fossem mais próximos da realidade que se encontra o Geoparque Seridó.

Tabela 3 - Fator *C* para cada tipo de uso e ocupação do solo.

Unidades de uso da terra	Fator <i>C</i>	Referência
Agricultura (agricultura de sequeiro)	0,2	Paranhas Filho <i>et al.</i> (2003)
Agropecuária	0,1	Araújo (2012)
Área Urbana	0,001	Farinasso <i>et al.</i> (2006)
Caatinga Arbórea (Caatinga Nativa)	0,0167	Julio dos Santos C. N. <i>et al.</i> (2014)
Caatinga Arbustiva (Raleamento)	0,0067	Julio dos Santos C. N. <i>et al.</i> (2014)
Caatinga Degradada (Capim)	0,0084	Julio dos Santos C. N. <i>et al.</i> (2014)
Mata Ciliar	0,012	Farinasso <i>et al.</i> (2006)
Mineração	0,2500	Oliveira (2018)
Reservatórios Artificiais (Água)	0	Farinasso <i>et al.</i> (2006)

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O fator *P* é referente as práticas que proporcionam uma maior proteção ao solo quanto a sua perda em áreas ocupadas. Para Bertoni e Lombardi Neto (1985), quando a área apresenta algum tipo de práticas conservacionistas o valor adotado será 0,5, e para as áreas que não apresentam práticas conservacionistas, possibilitando uma erosão sem obstáculo, o valor do fator será igual a 1, até nas áreas com vegetação natural.

Não foi possível a identificação e obtenção de informações da utilização de práticas conservacionistas aplicadas no território do Geoparque Seridó. Dessa forma foi adotado valor 1 para fator *P*, assim como nas pesquisas realizadas por Irvem *et al.* (2007), Silva *et al.* (2012), Nascimento e Santos (2019), Fistarol e Santos (2020) e Medeiros (2021).

A análise qualitativa de perdas de solos do Geoparque Seridó foi realizada com base na classificação de Irvem *et al.* (2007) conforme descrito na Tabela 4. A escolha foi feita com base na leitura bibliográfica de outros autores que tratam da mesma temática, como Irvem *et al.* (2007), Carvalho (2008), Dias e Da Silva (2015), Xavier *et al.* (2019), Fistarol e Santos (2020) e Medeiros (2021) em que duas classificações foram as mais utilizadas: FAO (1980) e Irvem *et al.* (2007). Por trazer mais classes, a classificação proposta por Irvem *et al.* (2007) acabou sendo escolhida, por permitir uma análise mais detalhada da USLE no Geoparque Seridó.

Tabela 4 - Classificação de perdas de solo conforme Irvem *et al.* (2007).

Perdas de solo (t.ha⁻¹.ano⁻¹)	Classificação
< 5	Muito Baixa
5 - 12	Baixa
12 - 50	Moderada
50 - 100	Severa
100 - 200	Muito severa
> 200	Extremamente severa

A análise qualitativa das perdas de solo permitiu a identificação das áreas mais susceptíveis a processos erosivos no Geoparque Seridó que devem ter uma maior atenção na implementação de políticas de preservação e práticas de manejo adequadas, sobretudo nas regiões dos geossítios.

4.4.3 Identificação dos geossítios mais susceptíveis a processos erosivos

A estimativa de perdas de solo nos geossítios do Geoparque Seridó foi feita com base na delimitação de área para cada geossítio levando em consideração a caracterização feita por Nascimento e Ferreira (2012) e posteriormente gerado os dados por meio da ferramenta de estatísticas zonais incluídas na caixa de ferramentas de processamento do *Software* QGIS 3.16.

Após esse procedimento foi gerada uma tabela de estimativa de perdas de solo, contendo a média e o desvio padrão para cada um dos 21 geossítios (Tabela 5) dentro Geoparque Seridó e classificado conforme a classificação proposta por Irvem *et al.* (2007), que determinou o grau de perdas de solo para cada um dos geossítios.

Tabela 5 - Geossítios do Geoparque Seridó e suas respectivas localizações.

Geossítios	Municípios	Latitude (graus decimais)	Longitude (graus decimais)
Serra Verde	Cerro Corá	-5,936	-36,363
Mirante Santa Rita	Lagoa Nova	-6,105	-36,441
Tanque dos Poscianos	Lagoa Nova	-6,135	-36,544
Lagoa do Santo	Currais Novos	-6,179	-36,576
Morro do Cruzeiro	Currais Novos	-6,266	-36,506
Cruzeiro Acari	Acari	-6,439	-36,641
Xiquexique	Carnaúba dos Dantas	-6,55	-36,559
Monte do Galo	Carnaúba dos Dantas	-6,562	-36,586
Mirador	Parelhas	-6,714	-36,635
Cruzeiro de Cerro Corá	Cerro Corá	-6,036	-36,346
Vale Vulcânico	Cerro Corá	-6,081	-36,403
Pico do Totoró	Currais Novos	-6,202	-36,567
Mina Brejuí	Currais Novos	-6,32	-36,552
Cânions dos Apertados	Currais Novos	-6,342	-36,502
Açude Gargalheiras	Acari	-6,426	-36,602
Poço do Arroz	Acari	-6,439	-36,614
Marmitas do Rio Carnaúba	Carnaúba dos Dantas	-6,496	-36,693
Açude Boqueirão	Parelhas	-6,698	-36,63
Nascente do Rio Potengi	Cerro Corá	-6,044	-36,391
Serra da Rajada	Carnaúba dos Dantas	-6,551	-36,654
Cachoeira dos Fundões	Carnaúba dos Dantas	-6,524	-36,556

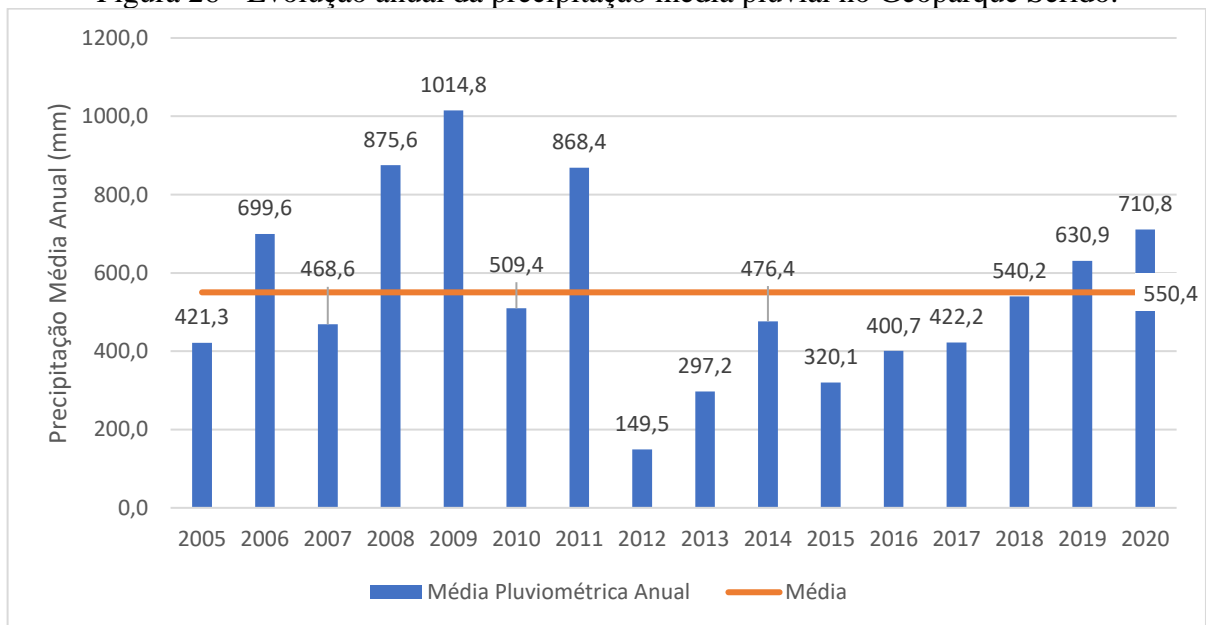
Fonte: Geoparque Seridó (2022).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Fator *R*

A média pluviométrica anual do para a série histórica do Geoparque Seridó é de 550,4 mm/ano, com máxima de 1.014,8 mm e mínima de 149,5 mm, como mostra a Figura 26. Estes dados foram adquiridos com base na análise feita em 14 estações dentro e no entorno da área de estudo. A série histórica trabalhada foi do período de 2005 a 2020.

Figura 26 - Evolução anual da precipitação média pluvial no Geoparque Seridó.

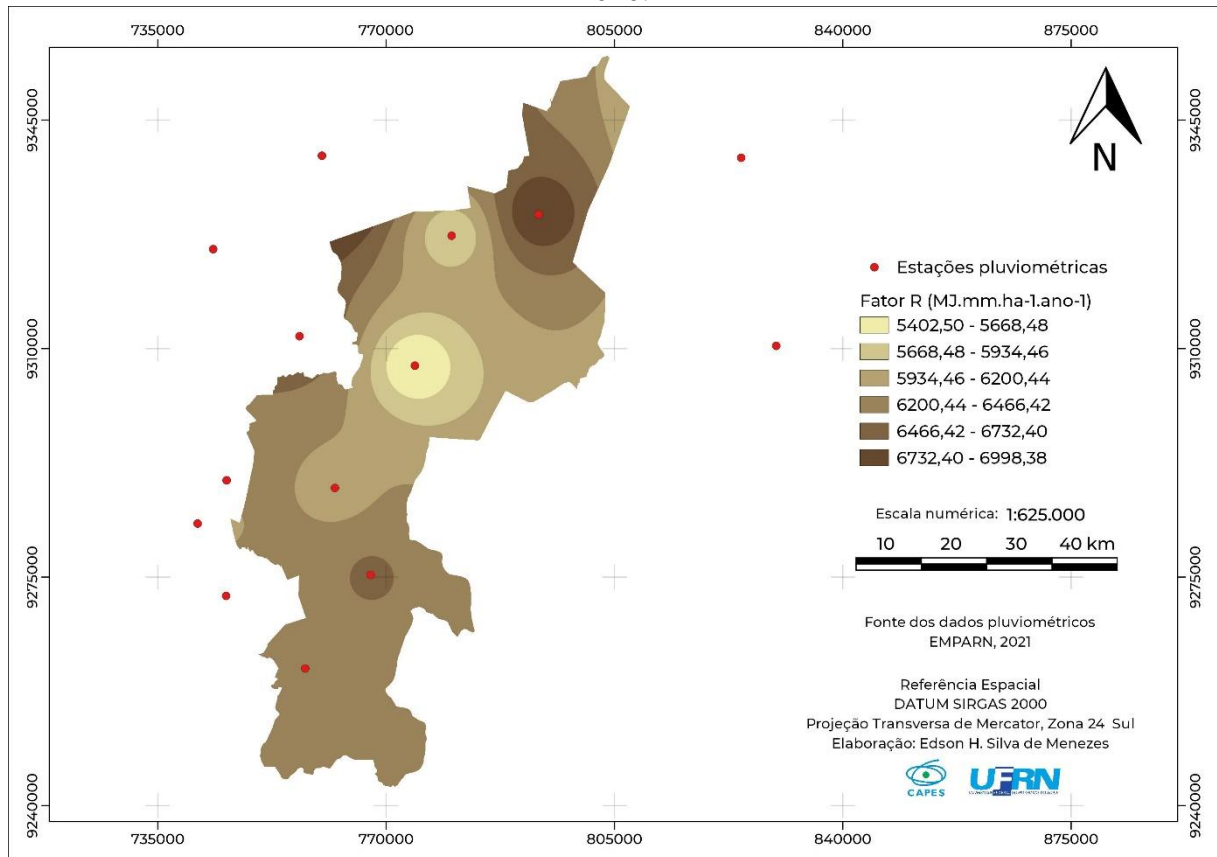


Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Os valores de *R* para as 14 estações pluviométricas dentro e no entorno do Geoparque Seridó variam de 6.998,38 ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) a 5.402,50 ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$). Esses valores são considerados muito forte segundo a classificação da Eletrobrás (1988), citada por Carvalho (2008). Isso significa que há grande desprendimento de partículas de solo durante as chuvas, caso o solo esteja desprotegido.

A Figura 27 apresenta a erosividade da chuva no Geoparque Seridó. A parte central apresenta uma menor erosividade em relação as extremidades. Na parte sul apresenta uma erosividade maior do que na parte central. Já a parte norte apresenta uma maior erosividade do que as demais partes do Geoparque. Esse número é maior na porção norte do Geoparque devido ao índice pluviométrico médio anual ser relativamente maior do que as demais estações dentro da área de estudo.

Figura 27 - Mapa da distribuição da erosividade das chuvas no Geoparque Seridó entre 2005 e 2020.



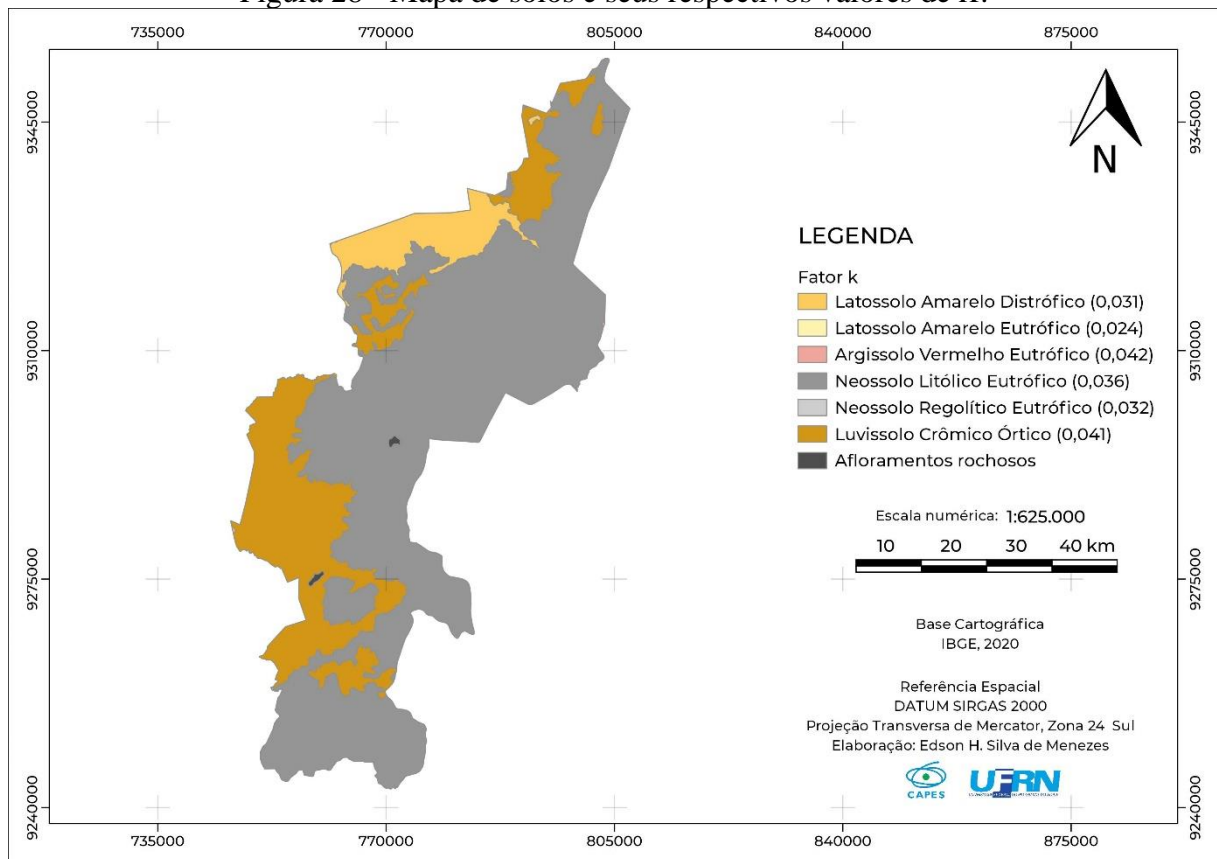
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.2 Fator *K*

A Figura 28 apresenta os tipos de solos encontrados e a distribuição do Fator *K* para cada classe de solo no Geoparque Seridó. A área de estudo é composta por seis tipos de solos, sendo eles: Argissolo Vermelho Eutrófico, Latossolo Amarelo Distrófico, Latossolo Amarelo Eutrófico, Neossolo Litólico Eutrófico, Neossolo Regolítico Eutrófico, Luvisolo Crômico Órtico e pequenas porções de afloramentos rochosos.

Os valores de 0 (nulo) são referentes aos afloramentos rochosos, corpos d'água e área urbana. Dentre os tipos de solos o Latossolo Amarelo Eutrófico (0,024) obteve o menor valor de *K*. Os maiores valores de fator *K* encontrados foram para Argissolo Vermelho Eutrófico (0,042) e Luvisolo Crômico Órtico (0,041).

Figura 28 - Mapa de solos e seus respectivos valores de K.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Como apresentado na Tabela 6, o Latossolo Amarelo Eutrófico se apresenta apenas em uma pequena porção do Geoparque Seridó, representando 0,003% da respectiva área. Isso significa que apenas 8,44 hectares da área de estudo é composta por esse tipo de solo. Argissolo Vermelho Eutrófico e Neossolo Regolítico Eutrófico também se apresenta em uma pouca parcela da área, ocupando 0,013% e 0,006% da área do Geoparque Seridó respectivamente. O Latossolo Amarelo Distrófico representa 6,37% da área, encontrado principalmente no Compartimento Serra de Santana. O Luvisolo Crômico Órtico representa 24,02% da área total. O Neossolo Litólico Eutrófico representa 69,41% da área total do Geoparque Seridó, localizado principalmente na Depressão Sertaneja. Os corpos hídricos, áreas urbanas e afloramentos rochosos representam juntos 1,15% da área total do Geoparque Seridó.

Tabela 6 - Área total e Fator K para cada tipo de solo do Geoparque Seridó.

Tipos de Solos	Área (ha)	Área (%)	Fator K
Argissolo Vermelho Eutrófico	35,57	0,013	0,042
Latossolo Amarelo Distrófico	17858,72	6,37	0,031
Latossolo Amarelo Eutrófico	8,44	0,003	0,024
Luvisolo Crômico Órtico	67326,64	24,02	0,041

Neossolo Litólico Eutrófico	194524,95	69,41	0,036
Neossolo Regolítico Eutrófico	17,94	0,006	0,032

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Tabela 7 mostra a comparação feita entre os valores de fator K obtidos através da metodologia e os valores adquiridos na literatura. Percebe-se que os valores de K que foram obtidos com a metodologia alcançou valores próximos dos valores observados na literatura para o mesmo tipo de solo.

Tabela 7 - Comparação entres os valores de fator K da metodologia e da literatura.

Tipos de Solos	Fator K	Fator K - Literatura	Referência
Argissolo Vermelho Eutrófico	0,042	0,044	Farinasso <i>et al.</i> (2006)
Latossol Amarelo Distrófico	0,031	0,028	Farinasso <i>et al.</i> (2006)
Latossolo Amarelo Eutrófico	0,024	0,073	Araújo (2011)
Luvissolo Crômico Órtico	0,041	0,032	Silva <i>et al.</i> (2009)
Neossolo Litólico Eutrófico	0,036	0,036	Farinasso <i>et al.</i> (2006)
Neossolo Regolítico Eutrófico	0,032	0,052	Silva <i>et al.</i> (2009)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5.3 Fator C

O Fator C é expresso pela relação entre as perdas de solo em variadas condições de uso e ocupação do solo. Dessa forma o Fator C tem muita importância, uma vez que o mesmo pode influenciar na prevenção ou no agravamento dos processos erosivos. Seus valores podem variar de 0 a 1, onde os valores próximos de zero indicam que o solo está mais protegido, enquanto que os valores próximos de um (1) indicam que o solo estará mais propenso à erosão.

A Tabela 8 apresenta a área total para cada Uso e Ocupação do Solo para o ano de 2020. Os valores mais significativos são de Caatinga Arbustiva (37,63%) e Caatinga Degradada (37,61%), que coincidentemente apresentam praticamente o mesmo valor em área que ocupa no Geoparque Seridó. Os demais usos são Agricultura (5,19%), Agropecuária (9,18%), Área Urbana (0,60%), Caatinga Arbórea (6,69%), Mata Ciliar (1,84%), Mineração (0,37%) e Reservatórios Artificiais (1,03%).

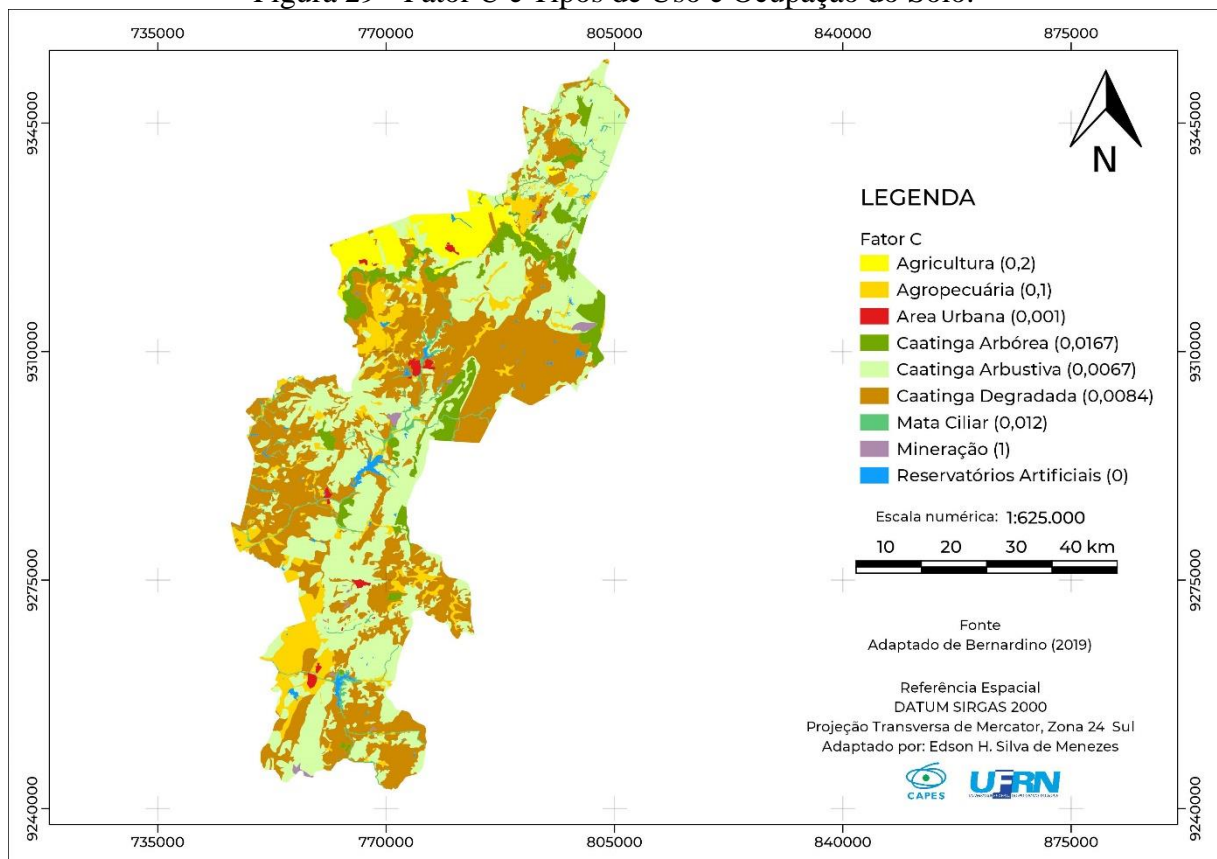
Tabela 8 - Área total para cada tipo de uso do solo no Geoparque Seridó para 2020.

Tipos de Uso e ocupação do solo	Área (ha)	Área (%)
Agricultura (Agricultura de sequeiro)	14533,0	5,19
Agropecuária	25721,2	9,18
Área Urbana	1688,3	0,60
Caatinga Arbórea (Caatinga Nativa)	18757,0	6,69
Caatinga Arbustiva (Raleamento)	105446,5	37,63
Caatinga Degradada (Capim)	105393,9	37,61
Mata Ciliar	5154,3	1,84
Mineração	1029,8	0,37
Reservatórios Artificiais (Água)	2876,0	1,03

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A Figura 29 apresenta a distribuição espacial para cada de tipo de uso e ocupação no solo no Geoparque Seridó com os respectivos valores de Fator C.

Figura 29 - Fator C e Tipos de Uso e Ocupação do Solo.

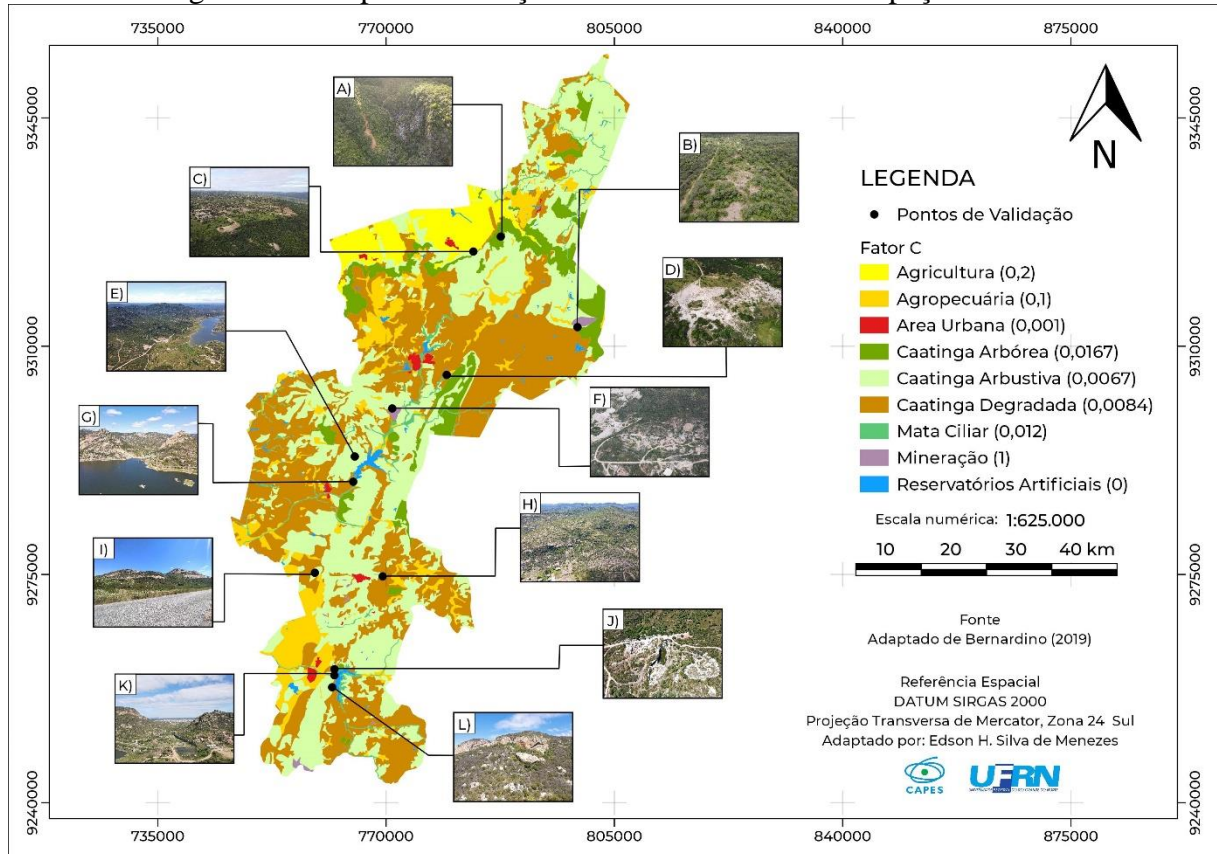


Fonte: Adaptado de Bernardino (2019).

A Figura 30 apresenta o mapa de uso e ocupação com seus respectivos pontos de validação e as fotografias representando cada classe de uso e ocupação verificadas e validadas em campo. Conforme mencionado na metodologia, foram escolhidos 8 geossítios, levando em consideração os valores de perdas de solo média que cada um dos 21 geossítios apresentaram, de modo que fosse possível correlacionar os dados adquiridos através da USLE com,

principalmente o tipo de uso e ocupação que está presente em cada um deles. Além disso, também foram validados alguns pontos de mineração classificados no mapa de uso e ocupação do solo.

Figura 30 – Mapa de validação das classes de Uso e Ocupação do solo



Fonte: Adaptado de Bernardino (2019).

Na Tabela 9 é feita uma breve descrição de cada ponto de validação caracterizando os principais aspectos de cada um deles, além de uma pequena explanação a respeito de cada um dos geossítios visitados durante o campo.

Tabela 9 - Descrição dos pontos de validação do campo

Imagens	Descrição
A)	Geossítio Vale Vulcânico, sendo esse um dos 8 geossítios visitados no campo de validação do mapa de uso e ocupação. Conforme mostra a figura 8, o local se apresenta com um tipo de uso e ocupação classificado como Caatinga arbórea e uma declividade considerável.
B)	Área de mineração validada durante o campo. A imagem aérea mostra que aparentemente a mineração de ouro não parece mais estar em funcionamento. O tipo de mineração foi possível ser confirmada pela placa na entrada da mina que mostrava o tipo de mineração da área.
C)	Geossítios Mirante Santa Rita, sendo esse mais um dos geossítios do município de Lagoa Nova. A classificação de uso e ocupação segundo o mapeamento foi agricultura, atividade comum em toda parte superior da Serra de Santana. Na

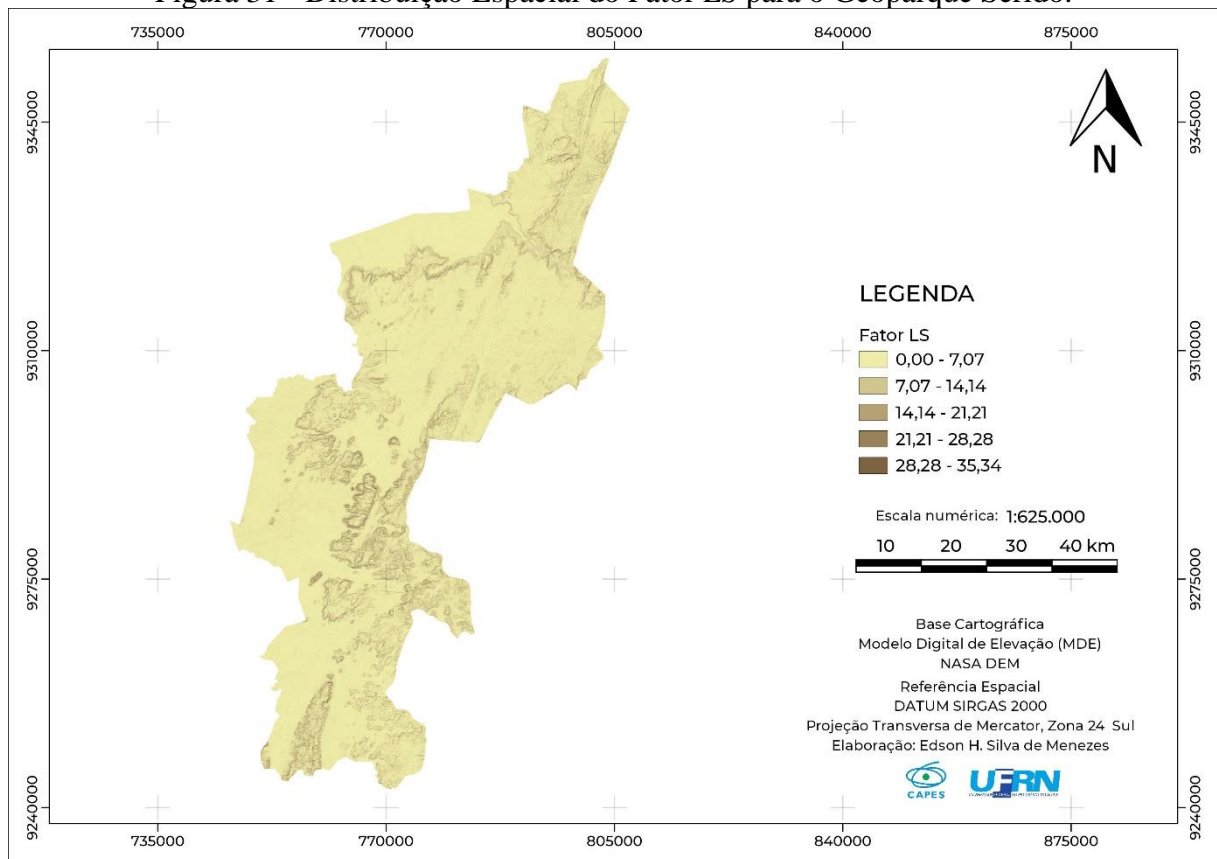
	visita foi possível identificar que parte da camada superior do solo estava sendo retirada para a construção de um mirante para receber visitantes e turistas.
D)	Área de mineração validada em campo. Foi possível verificar pelas imagens e ela placa de licenciamento encontrada na entrada da área que se tratava de uma mineração em que era extraída areia, provavelmente para a construção civil. Aparentemente a mineração não está mais sendo feita na área.
E)	Foto aérea mostrando parte do açude gargalheiras e ao fundo pode se visualizada a Serra das Antenas, como é conhecida popularmente. A área foi classificada como caatinga arbustiva.
F)	Mina Brejuí, sendo mais um dos geossítios que está localizado no município de Currais Novos. A mina é a principal mina de shceelita da América do Sul. A área começou a ser minerada desde a década de 1940. Apesar de ser uma mineração internas, com extensos túneis em que são extraídas a shceelita, há uma grande alteração na superfície, com a construção estradas para o transporte da mineração e extensas áreas com revolvimento de solo.
G)	Geossítio Açude Gargalheiras, situado no município de Acari. As serras são cortadas pelo Rio Acauã e naturalmente formam um gargalo que posteriormente foi construído o barramento do açude.
H)	Geossítio Xiquexique, localizado no município de Carnaúba dos Dantas, sendo esse um importante geossítios, tanto pelo aspecto geomorfológico, como pelo arqueológico, tornando-o este geossítio de valor nacional.
I)	Geossítio Serra da Rajada, sendo esse um dos geossítios do município de Carnaúba dos Dantas que se destaca pelo seu tamanho e que pode ser avistado à distância. A serra tem cerca de 500m de altura, onde normalmente as pessoas fazem trilhas para subirem até o topo e contemplarem a paisagem.
J)	Área de mineração de granito que se encontra próximo ao geossítio Açude Boqueirão. Durante o campo foi possível identificar dezenas de blocos de granitos, assim como nas fotografias áreas, validando que esta é realmente uma área de mineração.
K)	Geossítio Açude Boqueirão, localizado no município de Parelhas, o relevo conhecido como Serra das Queimadas, cortado pela ação fluvial, o que possibilitou a formação de uma garganta, ou um boqueirão.
L)	Geossítio Mirador, sendo esse também um geossítio que está localizado no município de Parelhas. Além do interesse geológico, também é importante destacar a formação causada pela dissolução da rocha por causa das intempéries, formando o que é conhecido popularmente como Pedra da Boca.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5.4 Fator LS

A Figura 31 apresenta a distribuição do Fator LS para a área do Geoparque Seridó. Os valores encontrados variam de 0,00 a 35,34, sendo os valores de 0,00 a 7,07 os mais significativos dentro da área, sobretudo nas áreas de Depressão Sertaneja e quase que totalmente sobre o Compartimento Serra de Santana.

Figura 31 - Distribuição Espacial do Fator *LS* para o Geoparque Seridó.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Os valores de 28,28 a 35,34 são os que aparecem em menor proporção, mas são mais significativos, uma que esses valores indicam uma maior declividade e consequentemente um maior potencial de perda de solo. As bordas do Compartimento Serra de Santana e os maciços dentro da área do Geoparque Seridó apresentam uma maior susceptibilidade à erosão devido a sua maior declividade.

5.5 Perdas de solo

A Figura 32 apresenta a distribuição espacial de perda de solos para Geoparque Seridó estimado pela USLE. A estimativa apresentou uma perda média de $7,91 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo considera como baixa segundo a classificação proposta por Irvem *et al.* (2007).

A Tabela 10 apresenta a distribuição qualitativa das perdas de solo do Geoparque Seridó seguindo a classificação de Irvem *et al.* (2007). A classe Muito Baixa foi predominante em 61,60% da área total do Geoparque Seridó, seguida das classes Baixa (19,86%), Moderada (16,90%), Severa (1,15%), Muito Severa (0,28%), e por último a classe Extremamente Severa (0,11%).

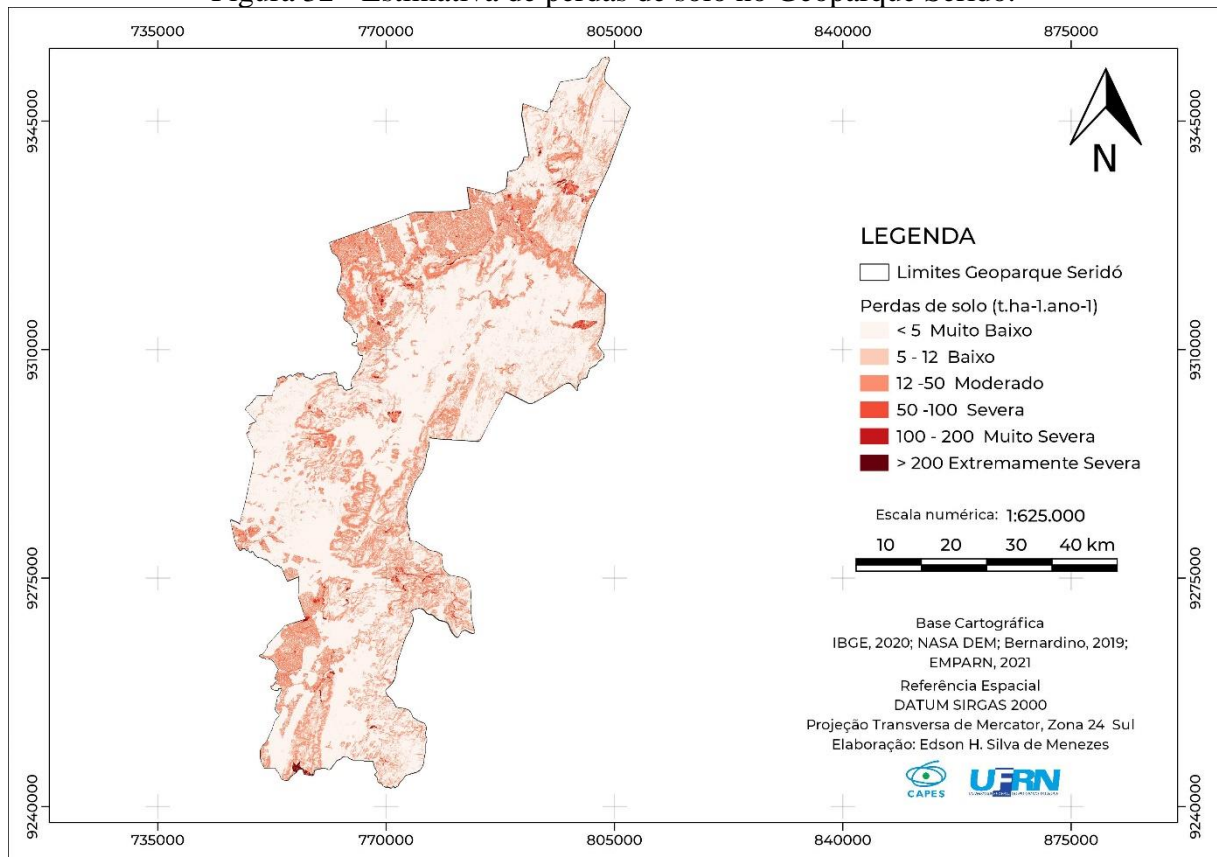
Tabela 10 - Distribuição qualitativa das perdas de solo para 2021.

Perda de solo em t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	Classificação	Área (ha)	Área (%)
<5	Muito Baixa	172.616,85	61,60
5-12	Baixa	55.660,41	19,86
12-50	Moderada	47.360,43	16,90
50-100	Severa	3.221,91	1,15
100-200	Muito severa	777,51	0,28
>200	Extremamente severa	302,04	0,11

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Um detalhe importante que pode ser destacado é que a soma de todas as outras classes não ultrapassa o total alcançado pela classe Muito Baixa, o que significa que mais da metade da área do Geoparque Seridó apresenta uma perda de solo ainda muito baixa. Se somada com a classe Baixa, esse valor chega a 81,46% da área do Geoparque Seridó.

Figura 32 - Estimativa de perdas de solo no Geoparque Seridó.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A classe Muito Baixa se destaca sobretudo sobre as áreas em que o fator *LS* também foi muito baixo, principalmente nas áreas em que ficou entre 0,00 e 7,07, como mostra Figura 31. Essas são áreas de Depressão Sertaneja em que a declividade é muito baixa em relação às áreas de maciços e *inselbergs* dentro da área do Geoparque Seridó.

A Tabela 11 apresenta a distribuição de perdas de solo para cada tipo de Uso e Ocupação do Solo no Geoparque Seridó. Correlacionando a estimativa de perdas de solos com os demais fatores percebe-se que a declividade e o uso e ocupação do solo são determinantes na classificação final de perdas de solo, como afirmam os estudos feitos por Lopes *et al.* (2011), Da Silva, Santos e Montenegro (2013), Fistarol e Santos (2020) e Medeiros (2021). Em outras unidades também se torna importante os fatores como pluviosidade e tipo de solo, uma vez que esses também são fatores que influenciam no uso e ocupação, como por exemplo a agricultura.

Tabela 11 - Perda de solo estimada para cada tipo de Uso e Ocupação do Solo.

Uso e Ocupação do Solo	Área (ha)	Área (%)	Perda estimada t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹		Classificação
			Média	Desvio Padrão	
Agricultura	14533,0	5,19	21,52	22,45	Moderada
Agropecuária	25721,2	9,18	23,82	28,43	Moderada
Área urbana	1688,3	0,60	0,12	1,31	Muito baixa
Caatinga arbórea	18757,0	6,69	14,97	12,85	Moderada
Caatinga arbustiva	105446,5	37,63	4,85	5,62	Muito baixa
Caatinga degradada	105393,9	37,61	3,45	4,16	Muito baixa
Mata ciliar	5154,3	1,84	3,20	5,44	Muito baixa
Mineração	1029,8	0,37	104,97	122,75	Muito severa

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

As áreas com perda de solo classificadas como moderadas são referentes à agricultura e agropecuária. Quando somadas elas representam cerca de 14,37% da área do Geoparque Seridó, com valores de perda média de solo de 21,52 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para agricultura e 23,82 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para agropecuária. As unidades de Agricultura sofrem pouca influência da declividade, uma vez que a maior parte está localizada na parte superior do Compartimento Serra de Santana, onde a declividade é quase nula ou muito pequena. Por outro lado, o fator *C* juntamente com o fator *K* acabam sendo muito relevantes para que a estimativa de perdas de solo seja considerada moderada. De mesmo modo as unidades de agropecuária sofrem pouca influência do fator declividade, pois são encontradas principalmente na região de Depressão Sertaneja, sendo essas em sua maioria com declividade suave ondulada. Mais uma vez o fator *C* é determinante para que a estimativa de perdas de solo alcance valores médios considerados moderada.

A unidade de caatinga arbórea compreende cerca de 6,69% da área do Geoparque e obteve uma perda média de solo de 14,97 t.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo considerada como moderada. Apesar de contrariar as expectativas de que essa seria uma classe com perda de solo classificada

como muito baixa, é compreensível, uma vez que essa unidade se encontra praticamente na encosta do Compartimento Serra de Santana em que a declividade é significativa, dificultando assim o seu desmatamento, mas que, por outro lado, é afetada pela influência considerável do fator de declividade nas áreas de encosta.

As unidades de caatinga arbustiva e caatinga degradada têm valores praticamente iguais no que se refere ao total de área que ocupa, sendo 37,63% e 37,61% respectivamente. A classificação de perda de solo de ambas foi muito baixa, com média de 4,85 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para caatinga arbustiva e 3,45 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para caatinga degradada. Esses números são explicados pelo fato de que a caatinga arbustiva se encontra nas regiões com declividade maior e em áreas com declividade muito baixa ou quase nulas, aliados ao fator *C* baixo, fazendo com que a perda média de solo seja muito baixa segundo a classificação de Irvem *et al.* (2007). A explicação para que a perda média de solo para caatinga degradada ser menor do que a de caatinga arbustiva é decorrente do fator *LS* menor, uma vez que toda parte de caatinga degradada se encontra na depressão sertaneja. O fator *C* também influencia de forma direta no resultado médio final ser considerado baixo.

A unidade de mata ciliar ocupa cerca de 1,84% da área do Geoparque Seridó e obteve perda média solo de 3,20 t.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo considerada como muito baixa.

As áreas com perdas muito severa representam 0,28% da área do total do Geoparque Seridó. A unidade de uso e ocupação do solo mapeado como mineração foi classificada como muito severa, alcançando valores médios de 104,97 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Essa unidade representa 0,37% da área total das unidades de uso e ocupação do solo. Esses valores muito severos estão relacionados a um valor de fator *C* consideravelmente alto, como mostra o Tabela 3.

A Tabela 12 apresenta os tipos de solo e sua classificação média de estimativa de perdas de solo. O Argissolo Vermelho Eutrófico e Latossolo Amarelo Distrófico obtiveram perda média de solo de 12,43 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e 16,94 t.ha⁻¹.ano⁻¹ respectivamente. A classificação de ambos ser classificado como moderada se deve ao fato do desenvolvimento da agricultura em praticamente toda extensão de Latossolo Amarelo Distrófico encontrado sobre o Compartimento Serra de Santana e o desenvolvimento de Agropecuária em parte da área de Argissolo Vermelho, ambas unidades com valores de Fator *C* significativamente altos e valores de Fator *K* relativamente altos, sobretudo no tipo de solo Argissolo Vermelho Eutrófico (0,042).

O Neossolo Litólico Eutrófico representa 69,41% da área total do Geoparque Seridó. O Luvisolo Crômico Órtico ocupa uma área de 24,02%. Ambos tiveram perda média de solo classificada como baixa, sendo 6,77 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para Luvisolo Crômico e 7,49 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para Neossolo Litólico Eutrófico.

Por último, a estimativa de perda de solo para Latossolo Amarelo Eutrófico e Neossolo Regolítico Eutrófico foram classificadas como baixa, sendo $4,47 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para o Latossolo Amarelo e $3,98 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para o Neossolo Regolítico Eutrófico. Quando somados eles representam um pouco mais de 0,009% da área total.

Tabela 12 - Estimativa de perda de solo por tipo de solo.

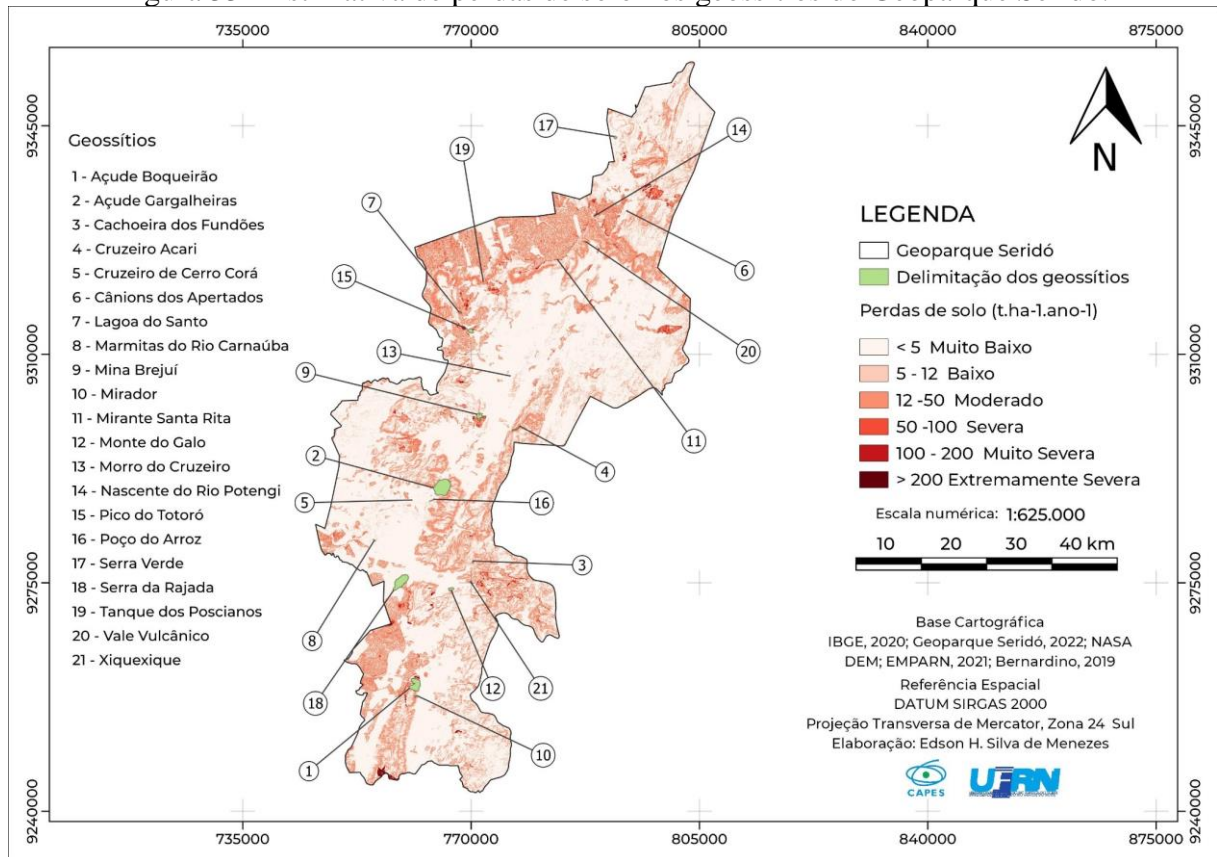
Tipos de Solos	Área (ha)	Área (%)	Perda de solo estimada $\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$		Classificação
			Média	Desvio Padrão	
Argissolo Vermelho Eutrófico	35,57	0,013	12,43	11,65	Moderada
Latossolo Amarelo Distrófico	17858,72	6,37	16,94	18,61	Moderada
Latossolo Amarelo Eutrófico	8,44	0,003	4,47	3,17	Muito Baixa
Luvisso Crômico Órtico	67326,64	24,02	6,77	15,17	Baixa
Neossolo Litólico Eutrófico	194524,95	69,41	7,49	33,55	Baixa
Neossolo Regolítico Eutrófico	17,94	0,006	3,98	7,02	Muito Baixa

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.6 Perdas de solos nos Geossítios

A Figura 33 apresenta a distribuição espacial de perdas de solos estimado pela USLE para cada geossítio do Geoparque Seridó com base na classificação proposta por Irvem *et al.* (2007) e a localização de cada um dos geossítios do Geoparque Seridó.

Figura 33 - Estimativa de perdas de solo nos geossítios do Geoparque Seridó.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Tabela 13 mostra a distribuição qualitativa das perdas de solo para cada um dos 21 geossítios do Geoparque Seridó seguindo a classificação de Irvem *et al.* (2007). O Geossítio Açude Boqueirão apresentou uma perda de solo média de $20,84 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo considerada como moderada, segundo a classificação. O fator de declividade (LS) é um dos principais responsáveis por fazer o geossítio obter uma classificação média moderada. O geossítio se destaca por um expressivo relevo definido pela serra das Queimadas, com valores de declividade bem significativos. Outro fator que influencia diretamente é o Fator C (uso e ocupação) que apesar existir uma grande parcela de caatinga arbustiva, também pode ser encontrado caatinga degradada e agropecuária, com fatores de C não tão altos, mas significativos quando aliados com uma maior declividade.

Tabela 13 - Estimativa de perda de solo para cada geossítio.

Geossítios	Área (m ²)	Perda de solo estimada t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹		Classificação
		Média	Desvio Padrão	
Açude Boqueirão	2.203.574,8	20,84	34,41	Moderada
Açude Gargalheiras	4.928.478,4	8,61	9,84	Baixa

Cachoeira dos Fundões	41.637,2	13,16	6,04	Moderada
Cânions dos Apertados	141.113,7	13,83	10,66	Moderada
Cruzeiro Acari	886,6	0,00	0,00	Muito Baixa
Cruzeiro Cerro Corá	3.649,2	11,85	1,47	Baixa
Lagoa do Santo	54.465,0	21,12	18,40	Moderada
Marmitas do Rio Carnaúba	36.375,6	2,99	1,74	Muito Baixa
Mina Brejuí	726.365,8	50,74	65,24	Severa
Mirador	72.970,1	16,27	7,92	Moderada
Mirante Santa Rita	5.934,9	116,49	84,18	Muito severa
Monte do Galo	290.693,7	9,97	7,58	Baixa
Morro do Cruzeiro	765,6	1,71	1,04	Muito Baixa
Nascente Rio Potengi	6.004,1	9,64	2,00	Baixa
Pico do Totoró	426.109,6	16,99	23,15	Moderada
Poço do Arroz	28.678,6	3,04	2,16	Muito Baixa
Serra da Rajada	2.942.825,0	3,25	8,74	Muito Baixa
Serra Verde	123.174,0	1,68	0,96	Muito Baixa
Tanque dos Poscianos	6.473,5	12,66	3,43	Moderada
Vale Vulcânico	29.906,8	39,79	21,26	Moderada
Xiquexique	49.832,8	17,95	5,25	Moderada

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O Geossítio Açude Gargalheiras apresentou uma perda média de solo de 8,61 t.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo considerada como baixa segundo a classificação Irvem *et al.* (2007). O geossítio também se destaca por um expressivo relevo definidos pelas serras do Pai Pedro, Mirador e da Lagoa, com altitudes variando entre 600 e 650 metros, passando entre elas o Rio Acauã (JARDIM DE SÁ *et al.*, 1986; LEGRAND *et al.*, 1991). Apesar do fator de declividade ser considerável, o geossítio ainda apresenta uma parcela de caatinga arbustiva, essa por sua vez tem valor de Fator *C* considerado baixo. A caatinga degradada é um dos usos e ocupação encontrados também no geossítio.

No Geossítio Cachoeira dos Fundões a classificação de perdas de solo foi moderada, com média de 13,16 t.ha⁻¹.ano⁻¹, ficando um pouco acima do limite mínimo estabelecido pela classificação de Irvem *et al.* (2007). O geossítio se encontra sob o tipo de solo Neossolo Litólico Eutrófico (0,036), sendo esse o segundo solo com maior Fator *K*, e o uso e ocupação do mesmo é caatinga degradada. Além desses fatores, existe também o fator de declividade (LS) da área que alcança valores médios.

No que se refere ao Geossítio Cânions dos Apertados, os valores de perdas de solo foram classificados como moderado, com média de 13,83 t.ha⁻¹.ano⁻¹, com inferência ao fator de

declividade da área. O Cânion foi esculpido pela ação do rio Picuí, sendo esse o principal agente na formação do geossítio, aliado ao fator de tectônica frágil (MEDEIROS, 2003). O Neossolo Litólico Eutrófico (0,036) também pode influenciar na perda de solo moderada do geossítio, por ser, como dito anteriormente, o segundo com maior Fator K. O tipo de uso e ocupação é basicamente Caatinga arbustiva e mata ciliar.

O Geossítio Cruzeiro de Acari obteve valor médio de $0,00 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo esse o único geossítio com perda nula de solo e classificada como muito baixa. A explicação para o geossítio ter um valor médio de 0,00 se dá pelo fato da sua localização ser na área urbana de Acari/RN, sofrendo pouca ou quase nenhuma influência dos fatores de declividade e uso e ocupação, uma vez as áreas urbanas são classificadas com o Fator C quase nulo (0,001). Além disso, o geossítio é formado por blocos de granitos inequigranulares, sendo basicamente um único bloco de rocha que sofre pouca influência de fatores de erosivos, como o vento e chuva, por exemplo.

A média de perdas de solo para o Geossítio Cruzeiro de Cerro Corá foi de $11,85 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo classificada como baixa. O Cruzeiro se encontra próximo à área urbana na cidade de Cerro Corá, sendo uma área elevada de cerca de 610 metros (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012). Os fatores de declividade (*LS*) e uso do solo (*C*), classificado como caatinga degradada, podem ser considerados como os principais responsáveis pelo valor médio baixo, quase chegando a ser considerado moderado.

Para o Geossítio Lagoa do Santo (Tabela 13) a perda de solo média foi de $21,12 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo classificada como moderada. O geossítio está inserido em um contexto de uso e ocupação do solo classificado como agropecuária, sendo essa classe a terceira maior, com 0,1 de Fator *C*, o que influencia diretamente no manejo do solo, por estar mais exposto, acaba sofrendo com a erosão laminar, sobretudo no início do período chuvoso. O solo encontrado na área é o Luvisolo Crômico, esse por sua vez detém o segundo maior número de Fator *K* dentre os solos encontrados na área do Geoparque Seridó, fato esse que contribuiu para uma classificação moderada de perdas do solo do geossítio.

O Geossítio Marmitas do Rio Carnaúba obteve uma perda de solo média de $2,99 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo classificada como muito baixa, segundo a classificação de Irvem *et al.* (2007). O uso e ocupação do solo no entorno do geossítio foi classificado como caatinga arbustiva, com valor de Fator *C* (0,0067) relativamente baixo. A declividade é um dos fatores que praticamente não influencia no resultado final de perdas de solo desse geossítio, uma vez que o mesmo se encontra no leito do rio.

O geossítio se apresenta como uma região de granitos inequigranulares, e na região ocorrem marmitas ou caldeirões que representam cavidades produzidas em função da erosão fluvial associada às condições litológicas, estruturais e topográficas locais. Marmitas essas formadas pelo movimento turbilhonar das águas do rio Carnaúba que junto com os sedimentos carregados pelo rio produziram atrito suficiente para produzir as marmitas (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012).

No Geossítio Mina Brejuí a perda solo média foi de $50,74 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo classificada como severa. O geossítio obteve um valor de perdas de solo médio alto devido, principalmente, ao tipo de uso e ocupação do solo. Um estudo desenvolvido por Corrêa (2009), no Distrito Federal (DF), identificou que as perdas de solo por erosão laminar em jazidas mineradas são cerca de duas vezes maiores do que as perdas de partículas em áreas de monoculturas sazonais mecanizadas (agricultura) e cerca de três mil vezes maiores que as perdas de sedimentos de solos sob matas nativas. Outro estudo desenvolvido por Almeida (2018) mostrou que os substratos expostos pela mineração se apresentaram entre 1,7 e 23,5 vezes mais erodíveis do que os solos sob cobertura vegetal nativa. Outros fatores como tipo de solo e erosividade da chuva influenciam diretamente, embora em menor quantidade, nas perdas de solo do geossítio.

As perdas de solo no Geossítio Mirador (Tabela 13) obtiveram uma média de $16,27 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, classificada como moderada, segundo a classificação de Irvem *et al.* (2007). Os valores de perdas de solo moderam estão diretamente relacionadas com o fator de declividade (*LS*) do geossítio mirador, com altitudes variando entre 320 a 500 metros. O geossítio é recoberto por uma vegetação de caatinga arbustiva, segundo a classificação de uso e ocupação do solo (Figura 29), o que mostra que os valores de perdas de solo moderada se deve ao fato da declividade ser bem significativa.

O Geossítio Mirante Santa Rita apresentou uma perda de solo média de $116,49 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, recebendo uma classificação de perda de solo muito severa. O geossítio se localiza sobre o platô da Serra de Santana, área praticamente plana e que não sofre quase que nenhum efeito do fator de declividade. Porém, o fator *C*, referente ao uso e ocupação do solo, é o segundo mais alto (0,2) da classificação. Isso explica o motivo pelo qual a média de perda de solo na área é muito severa, uma vez que a ausência de cobertura vegetal não se faz presente para atenuar os processos erosivos, assim como observado nos estudos de Farinasso *et al.* (2006), Medeiros (2021) e Fistarol (2016).

A perda de solo média no Geossítio Monte do Galo foi de $9,97 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo considerada como baixa, segundo a classificação de Irvem *et al.* (2007). O fator *LS* do geossítio é considerável, contudo, o uso e ocupação, classificado como caatinga arbustiva, é um

importante atenuante aos processos erosivos, protegendo os solos dos impactos diretos das chuvas no solo, como mostra o estudo realizado por Nascimento e Santos (2019), dessa forma impede que a área seja erodida com mais facilidade.

No Geossítio Morro do Cruzeiro as perdas de solo média foi de 1,71 t.ha⁻¹.ano⁻¹, classificadas como muito baixa. Apesar de ser um morro, o geossítio sofre pouca influência do fator de declividade (*LS*), fator de erosividade (*R*). O uso e ocupação foi classificado como caatinga degradada, mas parte do geossítio ainda mantém uma pequena porção de mata nativa. Praticamente o geossítio está assentando em pegmatito conforme mencionado por Nascimento e Ferreira (2012).

O Geossítio Nascente do Rio Potengi obteve uma perda de solo média de 9,64 t.ha⁻¹.ano⁻¹, ainda considerada baixa segundo a classificação de Irvem *et al.* (2007). O tipo de solo encontrado na área foi o Luvisso Crômico (0,041), o segundo maior em termos de erosão por características físicas do solo. O fator de erosividade (*R*) também influenciou de forma significativa, uma vez que o geossítio se encontra próximo de uma das áreas com o maior índice pluviométrico do Geoparque Seridó.

Para o Geossítio Pico do Totoró a perda de solo média foi de 16,99 t.ha⁻¹.ano⁻¹, colocando-o com classificação moderada de perdas de solo. O valor moderado está diretamente relacionado com o fator de declividade do geossítio. A elevação dos declives favorece a susceptibilidade à erosão (BAPTISTA, 2003).

No Geossítio Poço do Arroz (Tabela 13) a perda de solo média foi de 3,04 t.ha⁻¹.ano⁻¹, muito baixa segundo a classificação usada por Irvem *et al.* (2007). Um geossítio com declividade muito baixa, e com o uso e ocupação do solo classificado como mata ciliar, o que explica o baixo valor de perdas de solo para a área.

O Geossítio Serra da Rajada apresentou uma perda de solo média de 3,25 t.ha⁻¹.ano⁻¹, classificada como muito baixa (Tabela 13). Apesar da declividade do geossítio ser um fator que pode ser considerável no resultado, a perda média ficou bem abaixo do que se espera. O que deve ser considerado é o fato de todo o geossítio ter sido classificado com o tipo de uso e ocupação como caatinga arbustiva. A vegetação nativa acaba ajudando no controle da erosão, devido ao fato da caatinga ter a capacidade de rebrote logo nas primeiras chuvas, formando uma espécie de floresta baixa capaz de atenuar os impactos das gotas de chuva diretamente no solo, conforme destacado por Albuquerque *et al.* (2002).

No Geossítio Serra Verde a perda de solo média foi de 1,68 t.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo classificada como muito baixa. Em suma, o geossítio tem característica semelhante ao Geossítio Serra da Rajada, sobretudo no tipo de uso e ocupação do solo, sendo classificado também como

caatinga arbustiva que acaba protegendo o solo dos impactos das gotas de chuva durante o período de inverno.

No Geossítio Tanque dos Poscianos a classificação de perdas de solo foi considerada moderada, com valores médios de $12,66 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. A classificação moderada do geossítio está diretamente relacionada ao fator declividade (LS), uma vez que o mesmo se localiza na borda da Serra de Santana. O fator de declividade é extremamente relevante na classificação final de perdas de solo por meio da USLE, como mencionando por Medeiros (2021).

Os valores de perdas de solo para o Geossítio Vale Vulcânico (Tabela 13) foram de $39,79 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, classificado como moderada. O valor de perda de solo está diretamente ligado ao fator de declividade, assim como o geossítio anterior, este também está localizado na borda da Serra de Santana. Além desse fator de declividade, pode ser considerado o Fator R (Figura 27) se considerar que o geossítio está próximo de uma das áreas com maior valor de erosividade causado pelas chuvas.

Por último, o Geossítio Xiquexique, que obteve uma perda de solo média de $17,95 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo classificada como moderada. O geossítio está localizado em uma área de fator de declividade (LS) bem considerável, fazendo com que o valor médio de perda de solo seja considerado como moderada. Outros fatores, como o valor de erosividade (Fator R) são bem consideráveis, com valores de $6.484,16 \text{ (MJ.mm.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1})$.

6 CONCLUSÕES

Os resultados estudo demonstraram que o Geoparque Seridó ainda tem uma perda de solo considerada muito baixa. A estimativa mostrou que mais de 81,46% da área total do Geoparque Seridó está dentro da classificação de perdas de solo muito baixa e baixa. Os fatores topográficos (*LS*) e de uso e ocupação do solo (*C*) são os que mais influenciaram as perdas de solos.

As alterações no uso e ocupação do solo influenciaram no aumento da produção de sentimento no Geoparque Seridó. A agricultura e agropecuária obtiveram valores moderados na classificação de estimativa de perdas de solo.

As áreas com perdas de solos classificadas como muito baixas e baixas estão quase sempre relacionadas a um fator de declividade muito baixo e um fator *C* referente ao uso e ocupação do solo normalmente muito baixo.

A extração mineral no Geoparque Seridó obteve uma classificação na estimativa de perdas de solo extremamente severa, o que significa que esse tipo de uso e ocupação é o que representa uma maior susceptibilidade a perdas de solo na área do Geoparque.

No que se refere as perdas de solo nos geossítios, os resultados obtidos mostram que os geossítios com tipo de uso e ocupação classificado como caatinga arbórea e arbustiva foram os que tiveram menores perdas de solo. Apesar do fator de declividade (*LS*) influenciar diretamente no resultado, nos geossítios em que permanece a cobertura vegetal nativa, os valores de perdas de solo foram baixos. Isso mostra que a cobertura vegetal é um importante aliado na proteção contra a erosão dos solos, o que torna essas áreas com uma baixa susceptibilidade a esse processo de degradação.

Os geossítios com perdas de solo moderada estão quase sempre associados a um tipo de uso e ocupação do solo classificado como agricultura ou agropecuária. O fator de declividade também foi responsável por grande parte da perda de solo moderada nos geossítios.

Das perdas de solo dos geossítios classificadas como muito severa e extremamente severa, o fator de uso e ocupação se mostrou como um dos principais fatores, sobretudo aqueles que se encontram em áreas classificadas como mineração e agricultura, sendo então essas as áreas mais suscetíveis a esse processo de degradação e que devem ter uma prioridade para o desenvolvimento de ações de sustentabilidade.

Por fim, o uso da USLE juntamente como o SIG foi de fundamental importância, tanto para a estimativa de perdas de solo no Geoparque Seridó, como na espacialização dos resultados em forma de mapas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W.; NETO, F. L.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, 136-141, 2002.

ALEXANDRE, D. O. **A educação ambiental como ferramenta para o desenvolvimento do ecoturismo no Município de Cerro Corá**. Natal, 2006. 154f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Turismo). Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2006.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; NEVES, B. B. B.; FUCK, R. A. Geoparques do Brasil/Propostas: volume I Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. **Atas...** Campina Grande: SBG Núcleo Nordeste, 1977. p. 363-391.

ALMEIRA, C. X. P. **Determinação do fator de erodibilidade K de substratos de mineração revegetados no Distrito Federal**. Planaltina, 2018. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Planaltina-DF, 2018.

AMARAL, B. S. D. **Análise Espacial das Perdas de Solo no Estado da Paraíba**. João Pessoa, 2016. 59f. Monografia (Bacharelado em Geografia). Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2016.

ANACHE, J. A. A.; BACCHI, C. G. V.; PANACHUKI, E.; ALVES SOBRINHO, T. Assessment of methods for predicting soil erodibility in soil loss modeling. **Revista Geociências**, v. 34, n. 1, 32-41, 2015.

ARAÚJO, E. M. **Estimativa do assoreamento de um pequeno reservatório do semiárido rural através do estudo dos solos e de fontes de sedimento**. Fortaleza, 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2012.

ARAÚJO, F. S.; SALVIANO, A. A. C.; NETO, M. R. H. Estimativa da erodibilidade de latossolos do Piauí. **Scientia Plena**, v. 7, n. 10, 2011.

BACCI, D. L. C.; PIRANHA, J. M.; BOGGIANI, P. C.; LAMA, E. A. D.; TEIXEIRA, W. Geoparque: Estratégia de Geoconservação e Projetos Educacionais. **Revista Geologia USP**, v. 5, Publicação Especial, 7-15. 2009.

BAPTISTA, G. M. M. **Diagnóstico ambiental de erosão laminar: modelo geotecnológico e aplicação**. Brasília: Universa, 2003. 140 p.

BARBOSA, A. F.; OLIVEIRA, E. F.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em Softwares Livres e Gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, vol. 38, n. 1, 170-179, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Rio de Janeiro, 1971. p. 531. (Brasil. Ministério da Agricultura – DPP – DNPEA. Boletim Técnico. 21; DRN – SUDENE. Pedologia, 9).

_____. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. I. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro, 1972. p. 670. (Brasil. Ministério da Agricultura – EPE – EPFS. Boletim Técnico. 15; DRN – SUDENE. Pedologia, 8).

BERNARDINO, D. S. M. **Mapeamento e análise integrada das unidades de paisagem (geofácies) do Seridó Potiguar**. Natal, 2019. 201f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985.

BRILHA, J. B. R. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. São Paulo: Palimage, 2005.

_____. Inventory and Quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, 119-134, 2016.

_____. A Importância dos Geoparques no Ensino e Divulgação das Geociências. **Revista Geologia USP**, v. 5, Publicação Especial, 27-33, 2009.

CARVALHO, N. O. Erosão. In: _____. (org.). **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 2008. p. 33- 72.

CAVALCANTI NETO, M. T. **Geologia da área de Brejuí / São Sebastião – Currais Novos-RN**. Natal, 1986. Relatório de Graduação. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 1986.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1999.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, 743-753, 2003.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: manual para revegetação**. 2º ed. Brasília: Editora Universa, 2009. 174p.

DANTAS, M. E.; FERREIRA, R. V. Relevô. In: PFALTZGRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. M. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2010. p.77-92.

DE VENTE, J.; POESEN, J.; VERSTRAETEN, G. The application of semiquantitative methods and reservoir sedimentation rates for the prediction of basin sediment yield in Spain. **Journal of Hydrology**, v. 305, n. 1-4, 2005. In press.

DIAS, E. R.; DA SILVA, R. M. Estimativa do risco À erosão do solo no município de Lucena – Paraíba. **CAMINHOS DE GEOGRAFIA - Revista online**. v. 16, n. 54, p. 192- 204. 2015.

DIDONÉ, E. J. **Erosão bruta e produção de sedimentos em bacia hidrográfica sob plantio direto no planalto do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, 2013. 228f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2013.

DINIZ, M. T. M.; SILVA, S. D. R. O Método Indutivo e a pesquisa em Geografia: aplicação no mapeamento de unidades da Paisagem. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 54, 731-745, 2018.

DINIZ, R. F. **Cerro Corá-RN: Recursos naturais para o desenvolvimento do turismo**. Natal: SEBRAE/RN, 2003. 24p.

DORNELLAS, P. C.; SEABRA, V. S.; XAVIER, R. A.; SILVA, R. M. Estimativa de perdas de solo na bacia do Alto Rio Paraíba, região semiárida do Estado da Paraíba. **Okara**. João Pessoa, v. 11, n. 2, p. 338-350, set./dez., 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/okara/article/view/37658/19016>. Acesso em: 02 jan. 2023.

EMPARN – **Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte**. Disponível em: www.emparn.rn.gov.br. Acesso em: 30/07/2021.

FARINASSO, M.; JÚNIOR, O. A. C.; GUIMARRÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; RAMOS, V. M. Avaliação Qualitativa do Potencial de Erosão Laminar em Grandes Áreas por Meio da EUPS Equação Universal de Perdas de Solos Utilizando Novas Metodologias em SIG para os Cálculos dos seus Fatores na Região do Alto Parnaíba PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, 73-85, 2006.

FISTATOL, P. H. B. **Implicações das alterações no uso e ocupação do solo nas perdas de solo da Bacia do Rio de Ondas, Estado da Bahia**. Barreiras, 2016. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal do Oeste da Bahia, Barreiras-BA, 2016.

FISTAROL, P. H. B.; SANTOS, J. Y. G. Implicações das Alterações no Uso e Ocupação do Solo nas Perdas de Solo da Bacia do Rio de Ondas, Estado da Bahia. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v. 14, n. 1, 81-103, 2020.

Geoparque Seridó. **In: Geossítios**. Disponível em: https://geoparqueserido.com.br/?page_id=7658. Acesso em: 14/06/2022.

Geoparque Quarta Colônia Aspirante UNESCO. **In: O que são Geossítios?** Disponível em: <https://www.geoparquequartacolonia.com.br/geossitios/o-que-sao-geossitios>. Acesso em 02/08/2022.

GOMES, L. L. **Avaliação espacial da perda de solo por erosão pela Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) – Pilha Estéril Sul – Carajás/PA**. Ouro Preto, 2012. 171f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Geotécnica, Universidade Federa de Ouro Preto, Ouro Preto-MG, 2012.

GUERRA A. J. T. Processos Erosivos nas encostas. In: GUERRA A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 149-210.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 10. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 446p.

GUO, Ke-Xin; CAO, Ying-Xian. Establishment and application of soil hydraulic erosion model based on GIS and USLE model. **E3S Web Of Conferences**, v. 257, p. 03056, 2021.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 2. Ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013. 495p.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: www.ibge.org.br. Acesso em: 12/08/2021.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Malhas territoriais. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 12/08/2021.

IDEMA. **Atlas para a promoção do investimento sustentável no Rio Grande do Norte: Módulo II Região do Seridó (Zonas Homogêneas de Caicó, Currais Novos e Serras Centrais)**. 2. ed. Natal: Opção Gráfica, 2009. 189p. 1 atlas.

IRVEM, A.; TOPALOGLU, F.; UYGUR, V. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. **Journal of Hidrology**, v. 336, n. 1-2, 30-37, 2007.

JARDIM DE SÁ, E. F. *et al.* Granitogênese Brasileira no Seridó: o maciço de Acari (RN). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, n. 1, 95-105, 1986.

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**. Washington, v. 33, n. 3, p. 159-179, mar., 1977.

LEAL, I. R. *et al.* **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822p.

LEGRAND, J. M.; DEUTSCH, S.; SOUZA, L. C. Datação U/Pb e granitogênese do Maciço de Acari-RN. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14., 1991, Recife. **Atas...** Recife: SBG Núcleo Nordeste, 1991. p. 172-174 (Boletim, 12).

LIMA, E. R. V. de, **Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática**. **CADERNOS DO LOGEPA**, v. 3, n. 1, 03-46, 2004.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; TEXEIRA, A. S.; CAITANO, R. F.; CHAVES, L. C. G. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 2, 88-96, 2011.

MEDEIROS, T. D. S. **Dinâmica Geomorfológica e Suscetibilidade Erosiva na Bacia Hidrográfica do Rio Barra Nova, Região do Seridó, Nordeste do Brasil**. Caicó, 2021. 97f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó-RN, 2021.

MEDEIROS, V. C. Contexto Tectônico Regional. In:_____. (Org.). **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**: Aracaju NE, Folha SC.24-X, Estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000. p. 3-7.

MEDEIROS, W. D. A. **Sítios Geológicos e Geomorfológicos dos Municípios de Acari, Carnaúba dos Dantas e Currais Novos, Região Seridó do Rio Grande do Norte**. Natal, 2003. 154f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2003.

MEIRA, S. A.; MORAIS, J. O. Os Conceitos de Geodiversidade, Patrimônio Geológico e Geoconservação: Abordagens sobre o papel da Geografia no estudo da temática. **Boletim de Geografia**, v. 34, n. 3, 129-147, 2016.

MENEZES, M. R. F. 1999. **Estudos sedimentológicos e o contexto estrutural da Formação Serra do Martins, nos platôs de Portalegre, Martins e Santana/RN**. Natal, 1999. 197p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica). Programa de Pós-Graduação em geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 1999.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion & Conservation**. 3. Ed. National Soil Resources Institute, Cranfield University: Blackwell Publishing, 2005. 316p.

MORGAN, R. P. C.; QUINTON, J. N. Erosion Modelling. In: HARMON, R. S.; DOE III, W. W. (Org.). **Landscape erosion and evolution modeling**. New York, USA: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2001. p. 117-143.

NASCIMENTO, M. A. L. Geoparque Seridó (RN) e suas feições Geomorfológicas. **Revista de Geografia**, v. 35, n. 4, 394-411, 2018.

NASCIMENTO, M. A. L.; FERREIRA, R. V. Proposta Geoparque Seridó (RN). In: SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C. R. (Org.). **Geoparques do Brasil**: propostas. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. p. 361-416.

NASCIMENTO, M. A. L.; SILVA, M. L. N.; REIS, F. A. G. V. **Geoparque Seridó**: geodiversidade e patrimônio geológico no interior potiguar. 1. Ed. São Paulo: FUNDUNESP e FEBRAGEO, 2020. 108p.

NASCIMENTO, R. Q.; SANTOS, J. Y. G., Análise Qualitativa das perdas de Solona Bacia do Rio das Fêmeas – BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 18., 2019, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC, 2019. p. 1-12.

NESI, J. R.; LIMA, R. F. S.; PEREIRA, E. B. **Programa de reativação do setor mineral da Região Seridó – Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM/SINTEC/UFRN/SEBRAE/SENAI/FUNPEC/MINERAÇÃO TOMAZ SALUSTINO, 2001. 84p.

OLIVEIRA, P. L. G. O. **Análise do Potencial de Erosão Laminar na Sub-Bacia Ribeirão Ponte Alta (DF) Utilizando a EUPS**. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília. Brasília – DF, 2018.

PARANHAS FILHO, A. C.; FIORI, A. P.; DISPERATI, L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTORIA, G. Avaliação multitemporal das perdas de solo na Bacia do Rio Taguarizinho - MS. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 52, 49-59, 2003.

PORPINO, K. O.; SANTOS, M. F. C. F. Mamíferos pleistocênicos de Lagoa do Santo, Rio Grande do Norte, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 15., 1997, São Pedro. **Boletim de resumos**. São Pedro: UNESP, 1997. p. 116.

QUIQUEREZ, A.; BRENOT, J. P.; PETIT, C. Soil degradation caused by a high-intensity rainfall event: Implications for médium-term soil sustainability in Burgundian vineyards. **Catena**, v. 73, n. 1, 89-97, 2008.

QGIS.org, 2021. QGIS 3.16 Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCS**. 5 Ed., ver. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; NETO, J. R. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; RODRIGUES, R. N. Determinação do fator de cobertura e dos coeficientes da MUSLE em microbacias no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, 1157-1164, 2014.

SANTOS, J. Y. G. **Análise espaço-temporal de processos hidrossedimentológicos na Bacia do Rio Tapacurá (Pernambuco, Brasil)**. Recife, 2015. 206f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2015.

SANTOS, M. F. C. F. **Geologia e paleontologia de depósitos fossilíferos pleistocênicos do Rio Grande do Norte**. Natal, 2001. 70f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica). Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2001.

SANTOS, J. Y. G. dos.; NASCIMENTO, R. Q. Efeitos das alterações no uso e ocupação do solo nas perdas de solo da bacia do Rio de Janeiro, Oeste da Bahia. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiás, v. 41, n. 1, p. 1-23, out./dez., 2021. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/65397/37707>. Acesso em: 03 jan. 2023.

SIBCS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. – 5. ed. ver. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v. 57, n. 3, 251-259, 2004.

_____. **Índice de erosividade e sua relação com a pluviometria e coeficiente de chuva em Juazeiro (BA)**. Piracicaba-SP, 2001. (unpublished).

SILVA, M. S. L. **Estudos da Erosão**. Petrolina: MAARA/EMBRAPA/CPATSA/CTTA, 1995.

SILVA, R. M. **Análise da perda de solos na bacia do Rio Tapacurá mediante previsão climática e modelos de erosão**. Recife, 2010. 152f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2010.

SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, L. P. Evaluation of soil loss in Guaraíra Basin by GIS and Remote Sensing based model. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 1, n. 2, 44-52, 2007.

SILVA, R. M.; PAIVA, F. M. L.; SANTOS, C. A. G. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do rio Capiá baseado em SIG e Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, n. 1, 26-40, 2009.

SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G. Estimativa da produção de sedimentos mediante uso de um modelo hidrossedimentológicos acoplado a um SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, 520-526, 2008.

SILVA, R. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L., SANTOS, C. A. G.; Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and prioritization of critical sub-catchments: a case of study of Tapacurá catchment. **Natural Hazards**. v. 62, n. 3, p. 953 – 970, 2012.

SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Identification of critical erosion prone areas and estimation of natural potential for erosion using gis and remote sensing. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 65, n. 5, 881-894, 2013.

SILVA, V. C. Estimativa da erosão atual da Bacia do Rio Paracatu (MG / GO / DF). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 3, 147-159, 2007.

SILVEIRA, F. V. 2006. **Magmatismo Cenozoico da porção central do Rio Grande do Norte, NE do Brasil**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 195 p.

SOUSA, F. R. C. de; PAULA, D. P. de. ANÁLISE DE PERDA DO SOLO POR EROSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COREAÚ (CEARÁ-BRASIL). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 20, n. 3, 2019. DOI: 10.20502/rbg.v20i3.1393. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1393>. Acesso em: 17 fev. 2023.

SOUZA, L. C. **Zonéographie métamorphique, chimie des minéraux, pétrochimie, géochronologie $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et histoire P-T-t des micaschistes englobant le mas- sif gabbro-granitique d'Acari (Brasiliano), ceinture mobile du Seridó (NE du Brésil)**. Louvain-la-Neuve, 1996. 272f. Tese (Doutorado em Ciências). Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Bélgica, 1996.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS/ABRH, 2001.

_____. Modelos e Simulação. In:_____. (Org.). **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS/ABRH, 1998. p. 13-34.

UNESCO. **Convenção para o patrimônio mundial, cultural e natural**. Paris: Unesco, 2016.

UNESCO. **In: UNESCO Global Geoparks**. Disponível em: <https://en.unesco.org/global-geoparks>. Acesso em: 02/09/2022.

WILLIAMS, J.R. Sediment routing for agricultural watersheds. **Journal of the American Water Resources Association**, 11: 965-974, 1975.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: Guide to Conservation Farming**. US Department of Agriculture Handbook – MD, 1978. 58 p.

XAVIER, J. P. S.; BARROS, A. H. C.; WEBBERS, D. C.; ACCIOLY, L. J. O.; MARQUES, F. A.; FILHO, J. C. A.; SILVA, A. B. Estimativa da erosividade da chuva por diferentes métodos e seu impacto na equação universal de perdas de solo, no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 859-875, jun. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/236841>. Acesso em: 17 de jun. de 2021.

ZHANG, Y.; DEGROOTE, J.; WOLTER, C.; SUGUMARAN, R.. Integration of modified universal soil loss equation (MUSLE) into a gis framework to assess soil erosion risk. **Land Degradation & Development**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 84-91, dez. 2009.