



**DMITRI LECHNER GIRON**

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO SOBRE O AVANÇO DA  
DESERTIFICAÇÃO NA MICRORREGIÃO DE BORBOREMA -  
RN**

**LAVRAS-MG**

**2023**

**DMITRI LECHNER GIRON**

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO SOBRE O AVANÇO DA DESERTIFICAÇÃO NA  
MICRORREGIÃO DE BORBOREMA - RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 27 de fevereiro de 2023.

Dr. Fausto Weimar Acerbi Júnior UFLA

Dr. Kalill José Viana da Páscoa UFLA

Dr. Anny Francielly Ataíde Gonçalves UFLA

Prof. Dr. Fausto Weimar Acerbi Júnior

Orientador

**LAVRAS-MG**

**2023**

## AGRADECIMENTOS

Deixo aqui meus agradecimentos aos primeiros filósofos e pensadores, pessoas transformadoras que vislumbraram e transmitiram conhecimentos fundamentais durante milhares de anos. Conhecimentos e pessoas que em muitos casos nem sabemos ao certo de onde vieram e se algumas delas realmente existiram, mas que de algum modo repassaram e fizeram perdurar todos esses pensamentos e conhecimentos acumulados até os dias de hoje. Junto a isso agradeço todos os professores da rede pública do ensino fundamental e do ensino médio, pelo qual passei grande parte de minha infância e adolescência, aos professores do cursinho Henfil, hoje denominado Maximize, aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) que me acolheram, ensinaram e apoiaram em diversos momentos de dúvidas, escolhas e tomadas de decisões e aos professores e técnicos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) por terem proporcionado e despertado diversos interesses e conhecimentos adquiridos em toda essa trajetória dos últimos anos. Ainda dentro da academia agradeço todos os amigos que fiz e que me ajudaram durante essa jornada árdua, sofrida e ao mesmo tempo prazerosa e de grande expansão de pensamentos e decomunhão entre os "irmãos acadêmicos". Agradeço toda a comunidade Lavrense, as pessoas que fazem a cidade e a universidade funcionar e aos amigos que aqui fiz e se tornaram meus irmãos.

Agradeço minha avozinha Tereza, que foi praticamente minha mãe, que me criou, e que sem saber me ensinou, sobre os diversos sentimentos que a vida nos proporciona, sobre a relação entre o ser humano e a natureza e que hoje me faz pensar com muito mais sensibilidade sobre as diversas relações que somos submetidos enquanto vivos.

Agradeço meus Pais, familiares e amigos que me apoiaram, incentivaram e não descreditaram de mim e do meu potencial, e que, mesmo na distância, muitas vezes se fizeram presentes.

Agradeço em especial as mulheres, os seres geradores da vida e do amor essencial que o ser humano necessita e que tanto apoiaram e fizeram parte de toda a minha trajetória, sem a influência e amor delas eu não teria chegado até aqui.

Agradeço imensamente a minha mãezinha (Eunice Lechner) por tudo que pôde me proporcionar, não tenho palavras para agradecer, não só por essa conquista, mas como por diversas outras e em outras ocasiões e circunstâncias que já passamos, te amo.

## RESUMO

A desertificação é um processo irreversível e um tema de grande abrangência quando pensamos sobre os fatores que podem influenciar o seu avanço e surgimento. Estudos têm relacionado os aspectos ambientais, econômicos, sociais e institucionais para melhor compreender esse processo. As principais ferramentas que tem sido utilizadas nestes estudos são os softwares de Sistema de Informações Geográficas (SIG) juntos com o Sensoriamento Remoto (SR) e Geoprocessamento. O presente trabalho teve como objetivo gerar um mapa de vulnerabilidade à desertificação e identificar áreas de avanço na microrregião de Borborema Potiguar, RN. A metodologia utilizada teve como premissa relacionar aspectos que são mencionados em diferentes literaturas, principalmente a de Tricart (1977) e Crepani et al (2001), os critérios foram organizados dentro do ambiente SIG a fim de se obter dados para análises e elaboração do mapa. A análise dos dados e elaboração do mapa permitiu identificar regiões potencialmente susceptíveis ao processo de desertificação. Foi observado que 71% da área de estudo foi classificada como mediamente estável/ vulnerável e 29% como moderadamente vulnerável. Ao analisarmos os aspectos de forma individual, podemos notar que o manejo inadequado da terra (Carga Animal/ ha) teve forte influência nos resultados. É possível utilizar a metodologia definida aqui, alterando as opções metodológicas, contribuindo para a realização de novas pesquisas.

**Palavras-chave:** Degradação, Manejo de solo, Ecodinâmica, Sistema de Informação Geográfica

## ABSTRACT

Desertification is an irreversible process and a wide-ranging topic when one thinks about the factors that can influence its inevitable advance. Studies have related environmental, biological, social and institutional aspects to better understand this process. The main tools that have been used in these studies are the Geographic Information System (GIS) software along with Remote Sensing (RS) and Geoprocessing. This work aimed to generate a map of vulnerability to desertification and identify areas of advancement in the Borborema Potiguar microregion, RN. The methodology used had the premise of relating aspects that are mentioned in different literature, mainly that of Tricart (1977) and Crepani et al (2001), the criteria were organized within the GIS environment to obtain data for analysis and preparation of the map. Data analysis and map creation made it possible to identify regions potentially susceptible to the desertification process. It was observed that 71% of the study area was classified as moderately stable/vulnerable and 29% as moderately vulnerable. When analyzing the aspects individually, we can see that inadequate land management (Weight Animal/ha) had a strong influence on the results. It is possible to use the methodology defined here, changing the methodological options, surely to carry out new research.

**Keywords:** Degradation, Soil management, Ecodynamics, Geographic Information System

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>7</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1 Desertificação</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2 Análise de Multicritérios</b> .....	<b>9</b>
<b>3.3 Escolha das Variáveis</b> .....	<b>10</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1. Área de Estudo</b> .....	<b>11</b>
<b>4.2. Características Gerais das Bases de Dados</b> .....	<b>12</b>
<b>4.2.1. Clima</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2.2. Geologia</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2.3. Declividade</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2.4. Pedologia</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2.5. Uso e cobertura do solo</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2.6. Vulnerabilidade natural à erodibilidade do solo</b> .....	<b>15</b>
<b>4.2.7. Hidropedologia</b> .....	<b>15</b>
<b>4.2.8. Carga animal</b> .....	<b>17</b>
<b>4.2.9. Vulnerabilidade à desertificação</b> .....	<b>18</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>32</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global têm mostrado diversos cenários extremos no planeta. Com isso, tornam-se mais frequentes e abrangentes as regiões de calor extremo, incêndios, degradações de terras, secas e desertificações. Dificilmente estes desastres podem ser revertidos e/ ou remediados, o que dificulta o desenvolvimento das regiões e pode ocasionar áreas inabitáveis, portanto soluções e propostas preventivas devem ser pesquisadas (IPCC, 2022). O semiárido brasileiro apresenta a maior concentração populacional (aproximadamente 31,7 milhões de pessoas) em área (aproximadamente 1.322.680,27 Km<sup>2</sup>) susceptível à desertificação em todo o globo. É característico por possuir baixo volume de chuvas e períodos de seca, entretanto a abrangência, intensidade, frequência e durabilidade desses eventos têm se tornado mais extremos nos últimos anos (PAREDES- TREJO, 2021; SUDENE, 2021).

Devido a essa grande extensão territorial, o uso de geotecnologias, como as análises de multicritérios, têm sido utilizadas para estudos relacionados à desertificação. Elas permitem avaliar a vulnerabilidade natural e conseqüentemente a perda de solo, por meio do uso de classificações ecodinâmicas e suas adaptações, que introduziram aspectos geológicos, pedológicos, geomorfológicos (relevo), climáticos (precipitação), uso e ocupação do solo (TRICART, 1977).

Por estar situada próximo ao núcleo de desertificação do Seridó e junto à região do Planalto da Borborema, a Borborema Potiguar possui interferência direta nas mudanças climáticas do semiárido brasileiro (VASCONCELOS SOBRINHO, 1971). O Planalto da Borborema possui grande relação com a umidade dos seus sistemas vizinhos e com a drenagem pluvial, fazendo com que as diferenças climáticas tenham reflexos na vegetação (BARROS, 2018).

Tornando-se o principal representante da vegetação de savana, apesar de possuir vegetação florestal em determinadas áreas onde a umidade e altitude são elevadas (BARROS, 2018). Por conta disso é de extrema importância que as geotecnologias sejam aplicadas nesta região, sendo ponto de partida para que soluções e propostas preventivas sejam estabelecidas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a vulnerabilidade à desertificação da região de Borborema Potiguar – RN.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- a) Gerar um mapa de vulnerabilidade à desertificação.
- b) Quantificar as áreas em processo de desertificação.
- c) Identificar áreas que possam estar inseridas em regiões de avanço do processo de desertificação através das variáveis auxiliares definidas por Tricart (1977), com modificações. Foram acrescentadas as variáveis peso animal e capacidade de água disponível.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Desertificação**

A expressão ‘desertificação’ foi mencionada pela primeira vez em 1927 por Louis Lavauden, posteriormente nos anos 30 o grande avanço do desmatamento, secas, erosões, números de tempestades de pó (“Dust Bowl”) e grandes tormentas se tornaram muito mais intensas e duradouras. Esses eventos atraíram a atenção tanto da comunidade científica quanto das autoridades governamentais e o termo começou a se popularizar nos anos 40 pelo engenheiro e Inspetor Geral de Águas e Florestas da África Ocidental, Andre Aubreville (SUDENE, 2021).

Em 1992 a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação formulou o consenso de que a desertificação é uma ocorrência do uso inadequado dos recursos naturais em regiões com uma vulnerabilidade natural, de forma que a ação antrópica se torna responsável pela potencialização desse processo que em muitos casos podem se tornar uma situação irreversível (PAREDES- TREJO, 2021).

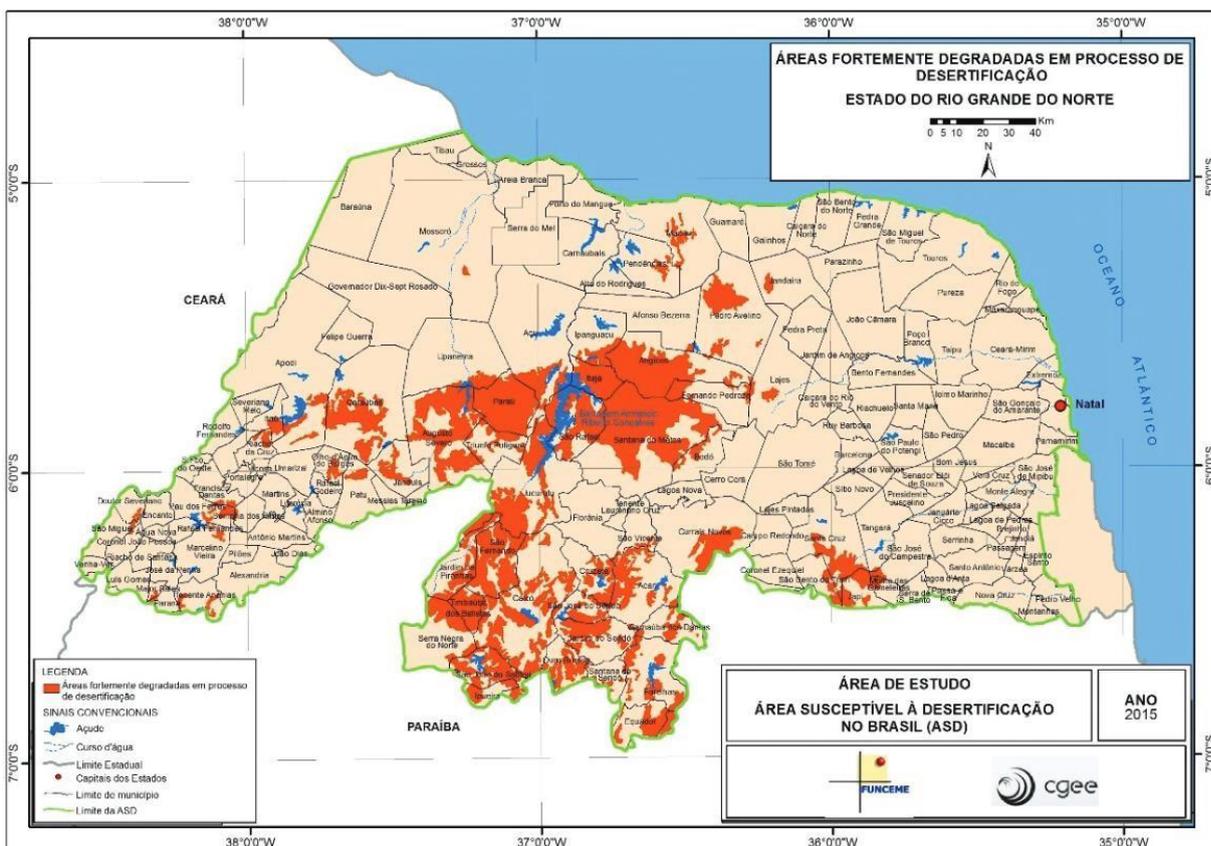
Em 2004 o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil)descreve que as causas e, ao mesmo tempo, as consequências da degradação e da desertificação são, frequentemente, a

pobreza e a insegurança alimentar combinadas com as variações severas do ciclo hidrológico, como secas e enchentes (BRASIL, 2004).

A susceptibilidade ao processo de desertificação está muito mais atrelada a ação humana, por apresentar manejo inadequado do uso dos recursos naturais e ocupação da terra, do que pelas suas características fisiográficas, que também conferem importância significativa para o avanço da desertificação na região (SOARES et al, 2011).

Através do sensoriamento remoto é possível analisar áreas degradadas, como já realizado em todo o semiárido brasileiro e seu entorno (classificadas como Áreas Susceptíveis à Desertificação – ASD). Nesta análise cerca de 6.177 Km<sup>2</sup> (12,81%) da ASD do Rio Grande do Norte foram classificadas como áreas fortemente degradadas, como mostrado na Figura 1 (OLIVEIRA, 2017; BRASIL, 2004).

Figura 1. Mapa das áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: Oliveira (2017).

A microrregião da Borborema Potiguar, no Rio Grande do Norte e na macrorregião do Agreste Potiguar, está inserida no Planalto da Borborema, que faz parte dos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Para

Corrêa et al. (2010) têm-se a extensão do Planalto da Borborema como:

...todo o setor de terras altas, acima da isolinha de 200 metros, situado a norte do rio São Francisco, estruturado nos diversos litotipos cristalinos correspondentes aos maciços arqueanos remobilizados, sistemas de dobramentos brasileiros e intrusões ígneas neoproterozóicas sintardie pós-orogênicas. O limite oriental do planalto é genericamente definido pela ruptura de gradiente existente entre a encosta e os patamares rebaixados do piemonte em direção à costa. A depressão sertaneja, a oeste, define o limite ocidental como um semicírculo de terras baixas semi-áridas separado do topo do planalto por uma escarpa, que ressalta os controles litológicos e estruturais.

Borborema Potiguar possui médias pluviométricas de 571,4 mm/ano e temperaturas médias sempre superiores a 18°C, sendo as médias locais >26,5°. Classificada como clima semiárido, com duas variedades climáticas de período seco, variando entre 7 e 8 meses e de 6 meses de seca. Segundo a classificação climática de Köppen o clima quente de estepe semiárido (BSh), no qual a evapotranspiração potencial média anual é maior que a precipitação média anual (DINIZ et al, 2015; BARROS, 2018; ALVARES et al,2013).

### **3.2 Análise de Multicritérios**

As análises de multicritérios foram desenvolvidas na década de 60 e 70 quando começaram a surgir as organizações voltadas a estudos de análise de decisões e dos métodos probabilísticos para resolução de problemas discretos. O método é constituído por uma diversidade de objetivos definidos e é utilizado quando o objeto de estudo possui conformidade e coerência entre os diferentes aspectos avaliados e suas relações, com isso os resultados possibilitam uma melhor avaliação e interpretação das ações e alternativas para a tomada de decisão (SOARES 2003).

O método tem sido empregado em estudos relacionados aos diferentes tipos de planejamentos ambientais e traz como exemplo as definições de áreas mais propícias para instalação de empreendimentos, análise de risco ambiental, análise de sensibilidade ambiental e planejamento de uso das terras (CORSEUIL, 2006). Alguns dos métodos de análise multicritérios são: o ELECTRE (I, II, III, IV e IS); PROMETHEE (I, II, III, IV e V); Método de Análise Hierárquica; Método multicriterial MACBETH e o Método Multicriterial VIP *Analysis* (VIEIRA, 2015).

A aplicação de cada uma dessas metodologias trará vantagens e desvantagens, cabendo ao usuário a decisão de escolha do método mais adequado

para gerir os dados ambientais á serem estudados, de tal forma que seja maximizado os benefícios oriundos dos processos decisórios e minimizado os conflitos presentes na sociedade moderna (VIEIRA, 2015).

Os conceitos de Ecodinâmica foram adotados por Tricart (1977) para elaboração de sua metodologia, onde é feita a reinterpretação e atribuição de pesos aos dados temáticos (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso e Intensidade Pluviométrica) preexistentes e definidos como Planos de Informações (PI), georreferenciados e divididos em Unidades Territoriais Básicas (UTB) através de interseção vetorial dos dados.

Em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Tricart realizou um convênio com a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, realizando a primeira fase do Zoneamento Ecológico – Econômico, capacitando técnicos dos estados da Amazônia Legal e contribuindo com a elaboração de cartas de vulnerabilidade natural à perda de solo como instrumento de planejamento e ordenamento do território brasileiro (CREPANI, 2001).

Os pesos estabelecidos para cada tema são baseados nos processos de morfogênese e pedogênese. Percebe-se assim uma certa semelhança com a metodologia apresentada pelo ELECTRE II mencionada em Vieira (2015).

### **3.3 Escolha das Variáveis**

A chuva tem a capacidade de fornecer água ao solo, o solo tem o seu papel fundamental como armazenador e fornecedor de nutrientes e água para as plantas. No Rio Grande do Norte é possível observar uma tendência na diminuição da capacidade de retenção de água no solo (COUTINHO, 2011).

A capacidade de retenção de água no solo varia de acordo com as frações granulométricas, e um dos principais problemas de sua degradação é a remoção da camada superficial, que além de perder a fertilidade e matéria orgânica, fica desprotegido e mais susceptível a erosão e selamento superficial (SILVA, 2009).

Em ambientes com diferentes históricos de perturbação, a carga que os animais possuem “...interfere de forma significativa na estrutura e diversidade da vegetação adulta bem como na regeneração natural, principalmente em áreas abertas, que se encontram nos estágios iniciais de sucessão”. Isso pode acabar dificultando a regeneração da vegetação , já que naturalmente a sucessão inicial no semiárido é menos densa que em outros tipos de vegetação (HOLANDA et al, 2015).

Outro aspecto importante e que tem forte ligação com a capacidade de retenção de água no solo e as ações antrópicas é a relação da carga animal em unidades de área (hectares) com a compactação do solo. Já que essa prática pode comprometer negativamente as características físicas, químicas e biológicas do solo, influenciando diretamente na degradação e no avanço do processo de desertificação (PARENTE, 2011).

Diante deste contexto o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia analítica para avaliar a Desertificação e quantificar os tipos de vulnerabilidades que o semiárido localizado na região de Borborema Potiguar pode estar suscetível.

O Planalto da Borborema é um geossistema de grande relevância espacial do RN, influenciando climaticamente os sistemas vizinhos, pois é um importante dispersor de drenagem para as bacias hidrográficas do estado, entretanto devido à sua extensa área há uma imensa dificuldade em definir os elementos sensíveis a serem considerados. Por conta disso a região foi limitada, selecionando a microrregião da Borborema Potiguar, já que a mesma possui relevante importância geológica e climática (BARROS, 2018).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Área de Estudo**

A área de estudo (Figura 2) é definida pela microrregião geográfica da Borborema Potiguar no Rio Grande do Norte, localizada entre as latitudes 5,80°S e 6,50°S e longitudes 36,30°O e 35,60°O, na região Nordeste do Brasil. Totalizando uma área de 3.903,67 km<sup>2</sup>, abrangendo 16 municípios e perfazendo um total de 134.027 habitantes distribuídos entre situação domiciliar urbana (67,04%) e situação domiciliar rural (32,96%) (IBGE, 2010, 2020).



#### 4.2.1. Clima

Para a análise do aspecto climático/ precipitação, foram utilizadas médias das normais climatológicas do INMET de 1961-1990 e 1981-2010, dados de bases pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), dados de precipitação do projeto The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) e dados do Atlas Pluviométrico Brasileiro da Companhia de Recursos Minerais (CPRM). As diferentes bases de dados foram incorporadas para deixar a análise mais robusta e pontual, sendo incorporados apenas dados com intervalos maiores de 10 anos.

Além dos dados encontrados em formato vetorial, os dados com informações matriciais foram convertidos em pontos vetoriais e somados aos demais. Foram obtidos 109 pontos com informações das médias pluviométricas mensais (mm/mês) do mês de Abril (mês mais chuvoso). Posteriormente foi feita uma interpolação por cokrigagem utilizando a altitude/ relevo como variável secundária para um mapeamento mais preciso e realista (VIOLA , 2009).

Os dados de altitude foram obtidos das imagens de radar da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de 4 folhas (05S375ZN; 06S375ZN; 05S36ZN; 06S36ZN) disponíveis no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) em formato matricial e convertidos para formato vetorial, sendo cada píxel (30mx30m) de altitude convertido em um ponto vetorial com a informação da altitude no centróide do píxel.

O processamento da variável precipitação foi feito através do complemento Smart-Map do QGIS (software livre), definido como código aberto e livre (licença GNU GPL v3.0) e disponibilizado no Github (<https://github.com/GustavoWillam/Smart-Map>) e no repositório do próprio QGIS ([https://plugins.qgis.org/plugins/Smart\\_Map/](https://plugins.qgis.org/plugins/Smart_Map/)). Foram inseridas as bases de dados de precipitação (mm) em formato vetorial, os dados de altitude (m) em formato vetorial e definida a resolução espacial de saída de 30x30 metros (formato matricial). Para atribuir os pesos foi utilizada a classificação de Crepani et al (2001).

#### **4.2.2. Geologia**

Os dados geológicos foram obtidos das bases de dados espaciais em escala 1:250.000 (RADAM/Brasil), folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal, Brasil, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em formato vetorial. A atribuição dos pesos foi baseada na metodologia de Crepani et al. (2001).

#### **4.2.3. Declividade**

Os dados geomorfológicos/ declividade foram obtidos das imagens de radar da missão SRTM, de 4 folhas (05S375SN; 06S375SN; 05S36SN; 06S36SN) disponíveis no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) (Figura 4). A atribuição dos pesos foi baseada na metodologia de Crepani et al. (2001).

#### **4.2.4. Pedologia**

Os dados pedológicos foram obtidos das bases de dados espaciais em escala 1:250.000 (RADAM/Brasil), folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal, Brasil, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em formato vetorial. A atribuição dos pesos foi baseada na metodologia de Crepani et al. (2001)

#### **4.2.5. Uso e Cobertura do Solo**

Os dados de Uso e Cobertura do Solo foram obtidos das bases de dados do projeto MapBiomas Coleção 4.1. A atribuição dos pesos (Tabela 1) foi baseada na metodologia de Crepani et al (2001), sendo adaptado o peso para a Savana, em razão da forma como os dados utilizados estavam organizados. Para isso foi utilizada a caracterização ambiental através do Inventário Florestal Nacional do Rio Grande do Norte de 2018, e utilizando os tipos florestais de Savana que ocorrem na região e que foram mencionadas por Crepani et al (2001).

Tabela 1. Classificação para o aspecto Uso e Cobertura do Solo.

Uso e Cobertura do Solo	Pesos
Rio, Lago, Oceano e Corpo D'água	1,5
Formação Florestal	1,5
Formação Savânica	1,9
Formação Campestre	2,2
Pastagem	2,7
Mosaico de Agricultura e Pastagem	2,9
Agricultura Temporária	3
Mineração	3
Afloramento Rochoso	3
Cana	3
Outras Áreas não vegetadas	3
Área Urbana	3

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001)

#### 4.2.6. Vulnerabilidade Natural à Erodibilidade do Solo

Para os dados de vulnerabilidade natural à erodibilidade do solo foi reproduzida a metodologia indicada por Crepani et al (2001) (Equação 1) com a média dos 5 aspectos analisados (Geologia, Pedologia, Declividade, Uso e cobertura do Solo e Precipitação) e realizada a classificação dos resultados de acordo com o grau de vulnerabilidade que a região indica.

Equação 1. Metodologia utilizada para classificação da Vulnerabilidade Natural à Erodibilidade do Solo.

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

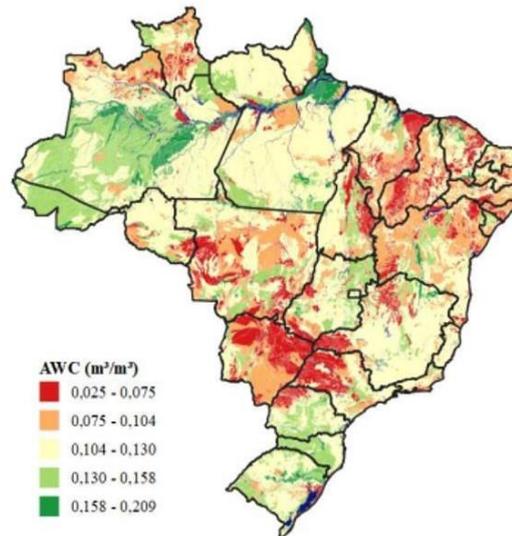
Onde: V = Vulnerabilidade; G = Vulnerabilidade para o tema Geologia; R = Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia; S = Vulnerabilidade para o tema Solos; Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação e C = vulnerabilidade para o tema Clima.

#### 4.2.7. Hidropedologia

Para os dados hidropedológicos foi utilizada a base de dados de Capacidade de Água Disponível no Solo (CAD) (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>), realizada e disponibilizada pela ANA (2021) e pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) em formato vetorial. Posteriormente foram atribuídos os pesos para cada classe de CAD. A atribuição dos pesos foi baseada na classificação feita pelos responsáveis pelo mapa de

“Capacidade de água disponível - CAD ou AWC dos solos no Brasil” (Figura 3). Porém, adaptada com base em Souza (2022), que traz essa variável como um aspecto importante, e em Crepani et al (2001) pelas atribuições dos pesos, onde menores valores de CAD representam maiores valores em seus pesos (Tabelas 2 e 3).

Figura 3. Mapa de capacidade de água disponível - CAD ou AWC dos solos no Brasil.



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA) e Universidade Federal do Paraná (UFPR) (2021).

Tabela 2. Classificação para o aspecto Hidropedológico

CAD ou AWC (m³/m³)	PESOS
0,025 - 0,075	3,0
0,075 - 0,104	2,5
0,104 - 0,130	2,0
0,130 - 0,158	1,5
0,158 - 0,209	1

Fonte: Adaptado de ANA (2021), Souza et al (2004), Crepani et al (2001).

Tabela 3. Classificação (Jenks) para o aspecto Hidropedológico.

CAD ou AWC (m³/m³)	PESOS
0,0750 - 0,0768	2,5
0,0769 - 0,0859	2,4
0,0860 - 0,0985	2,3
0,0986 - 0,1159	2,2
0,1160 - 0,1300	2,1

Fonte: Adaptado de ANA (2021), Souza et al (2004), Crepani et al (2001).

Baseando-se na Tabela 2 e nos valores de CAD ou AWC (m³/m³) encontrados para a região de Borborema Potiguar, em que os valores variam entre 0,0767 e 1,2680 (m³/m³), e que, ao atribuir os pesos não teríamos regiões distintas para este tema (haveria somente os pesos 2 e 2,5), foi feita a opção metodológica de utilizarmos a

classificação graduada baseada na Quebra Natural de Jenks, para dividirmos o intervalo de (0,0767 - 1,268) em cinco pesos (2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5) como mostra a Tabela 3.

#### 4.2.8. Carga Animal

Para a análise de uso e ocupação animal (Tabela 4) foram analisados os dados dos censos relativos a pecuária (rebanhos bovino, caprino e ovino), sendo utilizado para os mapas os trabalhos de Lima et al (2016) e Giulietti et al (2004). Para uma área de caatinga seriam necessários mais de 10 hectares para suportar um animal durante todo o ano, porém em razão de Giulietti et al (2004) expor esse valor para a Carga Animal e Souza (2004) expor um valor diferente, que seria de 12 a 15 ha para cada animal, foram mantidas as atribuições de Lima et al (2016).

Em relação aos pesos foi utilizada a razão exposta por Giulietti et al (2004) como uma medida medianamente estável, atribuindo a carga de 0,25 UA/ha com peso 2, ao invés de usa-la como categoria estável e sem riscos de danos a região, já que a mesma expõe que esses riscos que a carga animal traz ao ambiente são pouco estudados no Nordeste. A comparação da composição florística de áreas com e sem exclusão de rebanhos domésticos praticamente não existe.

Tabela 4. Classificação de carga animal

Unidade Animal/ Hectare
0,25 UA/ ha
0,75 UA/ ha
1,25 UA/ ha
1,75 UA/ ha
2,25 UA/ ha

Fonte: Lima et al (2016)

Para o cálculo de uso e ocupação animal foram utilizados dados relativos ao censo agropecuário de 2017 que apresenta o número de animais. Já para os dados de área utilizada para pastagem em cada município, foram utilizados os dados da plataforma Mapbiomas coleção 4.1 do ano de 2017.

Os dados de uso e cobertura do solo em formato raster foram recortados para cada município, convertidos em formato vetorial e exportadas em excel para cálculos de suas áreas em cada classe e posteriormente as classificações de Uso e Ocupação de Animais (UA/ha) (Tabela 4) para cada município.

#### 4.2.9. Vulnerabilidade à Desertificação

Os dados de vulnerabilidade à desertificação propostos neste trabalho e expresso na Equação 2 foram baseados na metodologia de Crepani et al (2001), onde são atribuídos pesos para cada tema e posteriormente feita a média aritmética dos pesos individuais para se chegar em um valor único

Equação 2. Vulnerabilidade à Desertificação

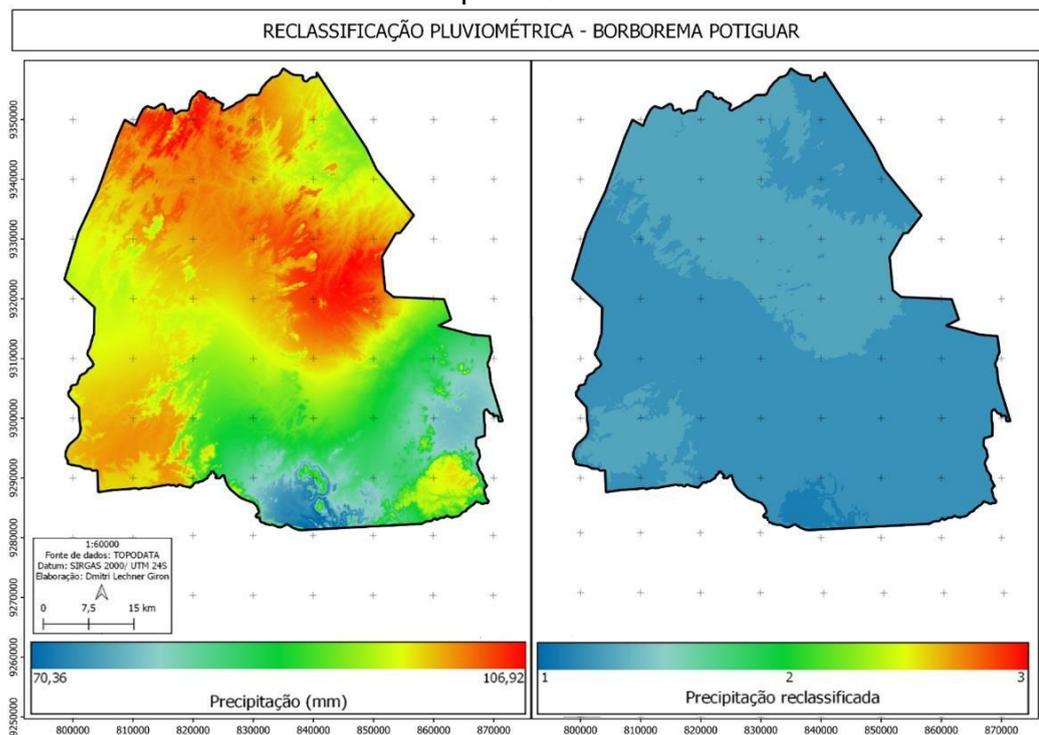
$$VD = \frac{E/L + CAD + UA/ha}{3}$$

Onde: VD = Vulnerabilidade à Desertificação; E/L = Vulnerabilidade a perda do solo; CAD ou AWC = Capacidade de Água Disponível; UA/ ha = Carga animal.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação total identificada na análise, no mês de abril, foi de máx. 106,92 mm e min. 70,36 mm (Figura 4), esse valor coincidiu com os dados de Diniz (2017), que delimitou uma cidade do Rio Grande do Norte com características de clima e tipo de vegetação similar à aqui estudada.

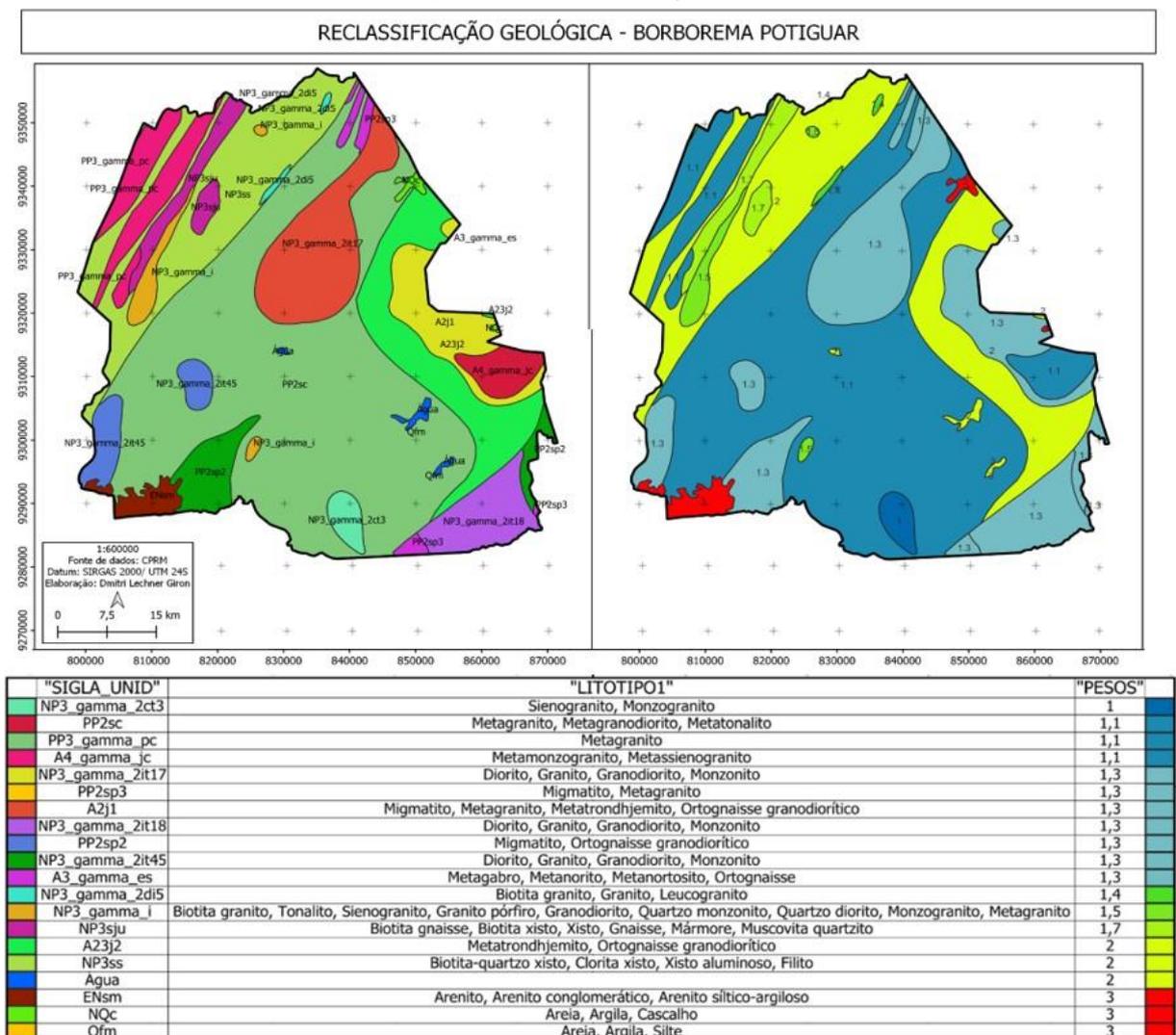
Figura 4. Mapa de Precipitação por cokrigagem e reclassificação após atribuir os pesos.



Fonte: do autor (2023)

O mapa geológico (Figura 5) demonstra o potencial erosivo das classes geológicas presentes na região. Foi possível identificar que a classe predominante é a classificada com peso de 1,1, com pouco potencial a erosão do solo. Assim como classificada por Crepani et al (2001), essa classe é dita como estáveis a vulnerabilidade à denudação (a remoção da superfície de uma região por efeito erosivo), sendo predominante as formações rochosas com presença de Sienogranito, Metragranito, Metagranodiorito, Metatonalito, Metamonzogranito, Metassienogranito.

Figura 5. Mapa Geológico e reclassificação após atribuir os pesos



Fonte: do autor (2023)

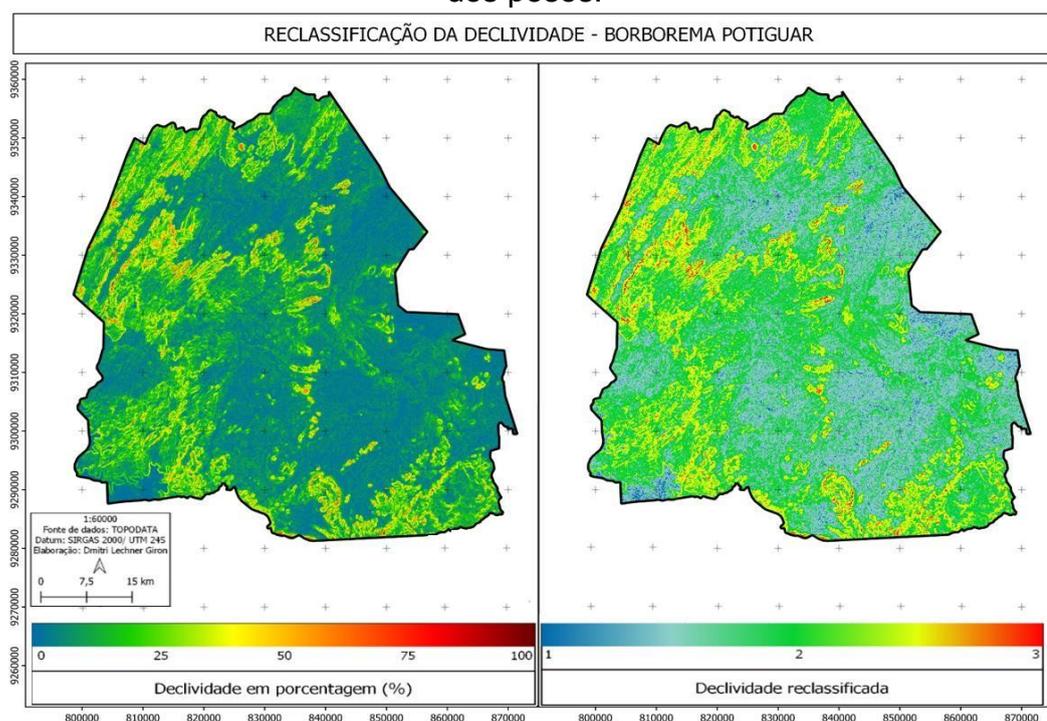
As áreas com potencial erosivo 2, que são classificadas como medianamente estável/ vulnerável, apresentam formação rochosa do tipo Biotita-quartzo xisto,

Clorita xisto, Xisto aluminoso, Filito, Metatrondhjemito e Ortognaisse granodiorítico. Há também as rochas com pesos atribuídos entre 1,3 a 1,7, classificadas como moderadamente estáveis, mas que possuem um alto peso analítico (CREPANI et al.,2011).

O Mapa da Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte deixa explícito como algumas áreas moderadamente e medianamente estáveis/ vulneráveis são áreas de interesse mineral, principalmente nas áreas ao sul da região que fazem divisa com a região da Central Potiguar, o que demonstra que a atividade humana pode vir a aumentar a vulnerabilidade da região, pois esses meios são delicados e suscetíveis a fenômenos de amplificação, transformando-se em meios instáveis cuja exploração fica comprometida (CPRM, 2009).

O mapa de declividade (Figura 6) expõe a influência do Planalto da Borborema para a microrregião no qual está localizado. A microrregião da Borborema Potiguar conta com grandes variações de declividade, possuindo uma escala de variação de 0,32% a 93,56%. Somente 3,12% de sua área possui parâmetros de declividade estáveis, 32,4% de sua área classificada como moderadamente estável, 46,3% classificada como medianamente estável/ vulnerável, 17,2% como moderadamente vulnerável e 0,9 % classificada como vulnerável.

Figura 6. Mapa de Declividade (Geomorfológico) e reclassificação após atribuição dos pesos.

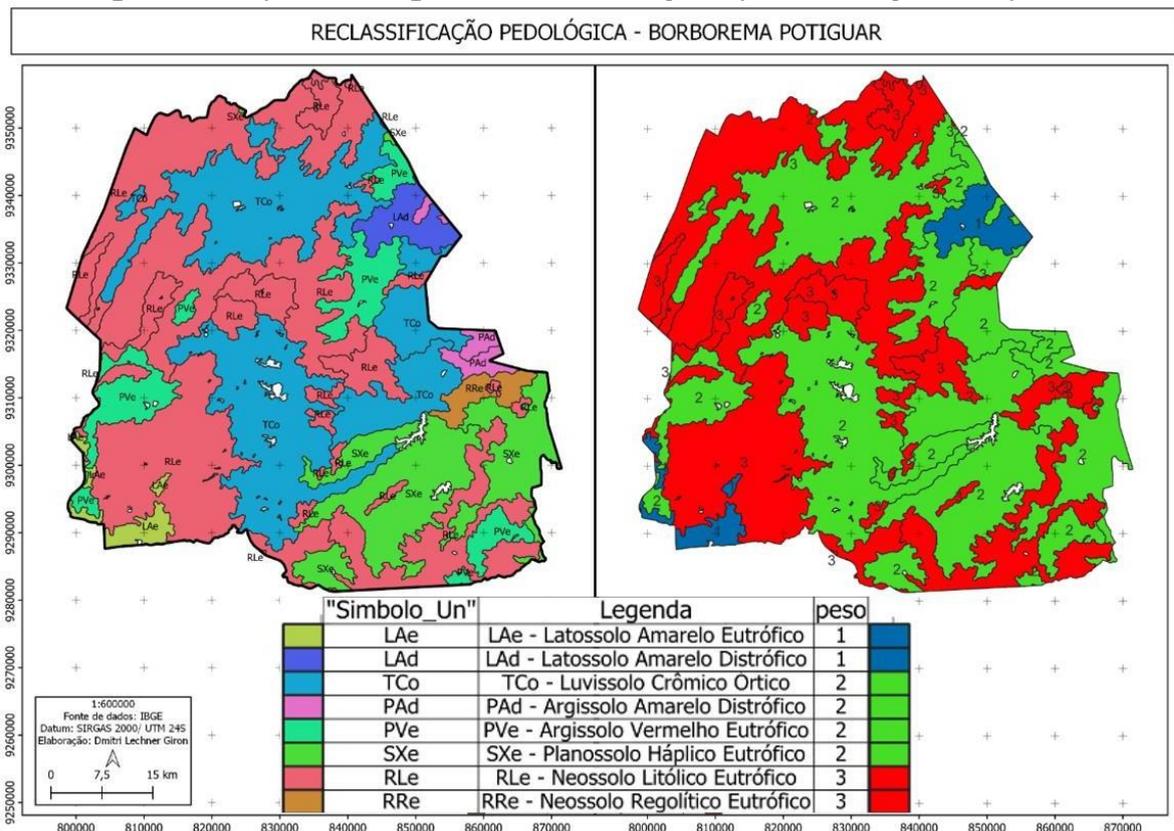


Fonte: do autor (2023)

A declividade acentuada da região possui importância na relação com a geomorfologia do Planalto da Borborema, já que a região em que se situa, na Cimeira Estrutural do São José do Campestre possui formação capeada por sedimentos e pode sofrer influência da vulnerabilidade do solo e da declividade em determinadas regiões da Borborema Potiguar, potencializando a vulnerabilidade geológica de regiões classificadas como medianamente estáveis (CORRÊA, 2010).

O mapa pedológico (Figura 7) mostra que há presença em somente duas pequenas áreas de solos estáveis a erosão, onde o grau de vulnerabilidade é 1, e que esses solos estão presentes nas regiões mais planas da Borborema Potiguar, mas também estão presentes em regiões com declividade menos acentuadas e próximas a locais com alta declividade, nestas áreas os solos possuem classificação do tipo Latossolo Amarelo Distrófico e Eutrófico.

Figura 7. Mapa Pedológico e reclassificação após atribuição dos pesos.



Fonte: do autor (2023)

Áreas com a presença de Argila, Cascalho, Areia, Silte, Arenito, Arenito conglomerático e Arenito síltico-argiloso, formam o conjunto com maior potencial erosivo, possuindo valores de erosividade 3. Estas áreas são classificadas como

vulneráveis à erosão, onde a morfogênese exerce predominância na dinâmica natural, influenciando diretamente todos os outros elementos (TRICART, 1977).

Há também solos estáveis a erosão, como solos do tipo Argissolo Amarelo Distrófico, Argissolo Vermelho Eutrófico, Luvisolo Crômico Órtico, e Planossolo Háptico Eutrófico. Essa região de solos estáveis situa-se em regiões com variações de declividade, e uma análise mais profunda pode determinar a influência que a pluviosidade pode vir a ter na diminuição ou aumento da vulnerabilidade do solo à erosão (TRICART, 1977).

Justamente por serem estáveis a erosão esses solos são de grande importância para a manutenção ecológica da região, pois como diz Tricart (1977):

À degradação antrópica se acrescentam as causas naturais, particularmente eficazes nas regiões acidentadas onde o clima opõe fatores limitantes severos à vegetação. Essas condições ecológicas difíceis tornam a degradação mais fácil, impedindo a reconstituição da vegetação quando lhe é dado um prazo. Podem mesmo acentuar retroações positivas, suscetíveis de provocar uma verdadeira euforia dos processos de degradação.

Os solos com maior vulnerabilidade à erosão estão presentes em regiões com alta declividade, nestes locais há presença de solos do tipo Neossolo Litólico Eutrófico e Neossolo Regolítico Eutrófico, que são solos com característica suscetíveis à erosão quando estão em locais com grande declive. Outro fator que cabe ser citado é a chuva e a forma como ocorre na região. (SCHMIDT, 2014).

A junção dessas características e dos eventos climáticos podem intensificar os processos erosivos de regiões vulneráveis, ou até mesmo em regiões medianamente estáveis, já que estão suscetíveis a influência direta das alterações do ambiente (CREPANI et al., 2001)

Os solos do tipo Neossolo Litólico Eutrófico, Luvisolo Crômico Órtico, Planossolo Háptico Eutrófico e Argiloso Vermelho e Vermelho-Amarelo demonstraram interações entre si, tanto em regiões vulneráveis como em regiões estáveis, demonstrando que outros tipos de classificação de vulnerabilidade podem ser realizadas (CREPANI et al., 2001).

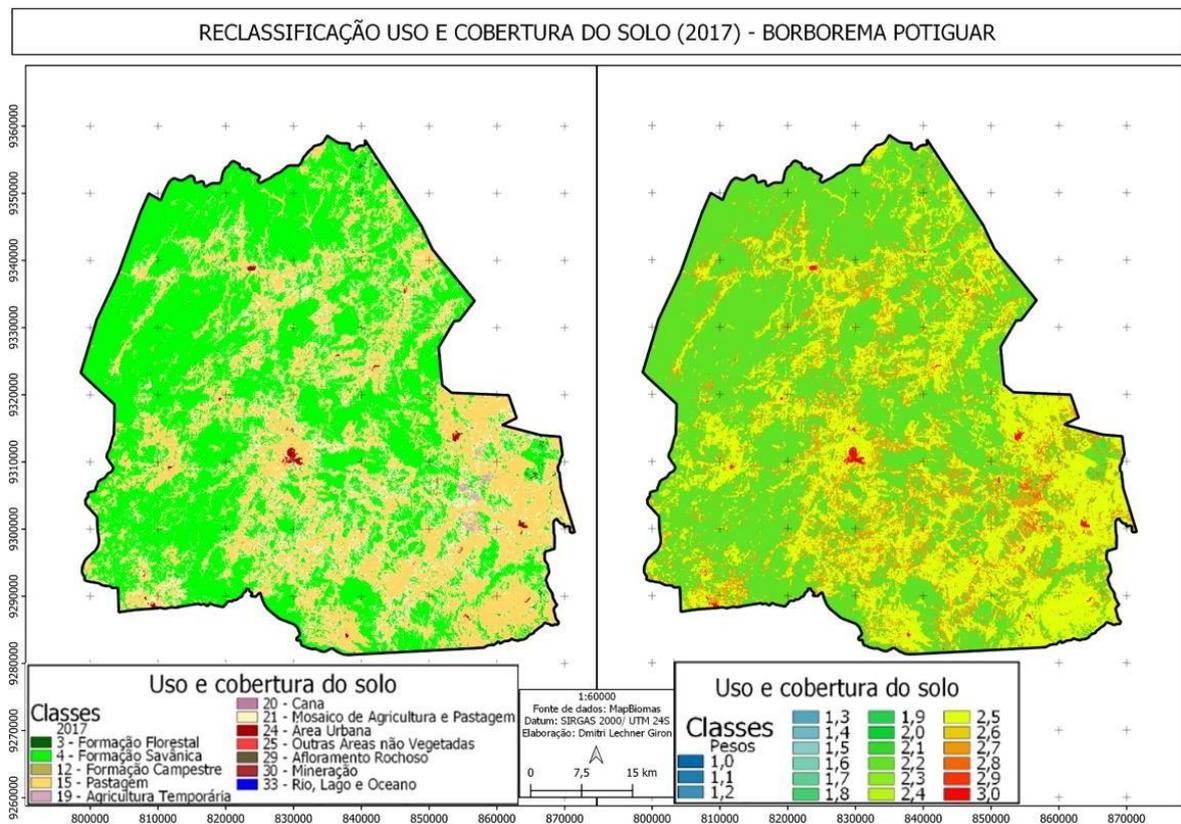
Com base nas características que o solo da região possui é possível aprimorar as classificações, melhorando a compreensão do quanto essas interações interferem na regeneração do ambiente, dentro das condições climáticas em que estão expostas (CREPANI et al., 2001).

Em relação ao mapa de vegetação (Figura 8) foi observado que a vegetação

da região em estudo tem por suas próprias características vulnerabilidade moderadamente e medianamente estável/ vulnerável à erosão, podendo em alguns casos ser classificada como vulnerável, como por exemplo a Savana.

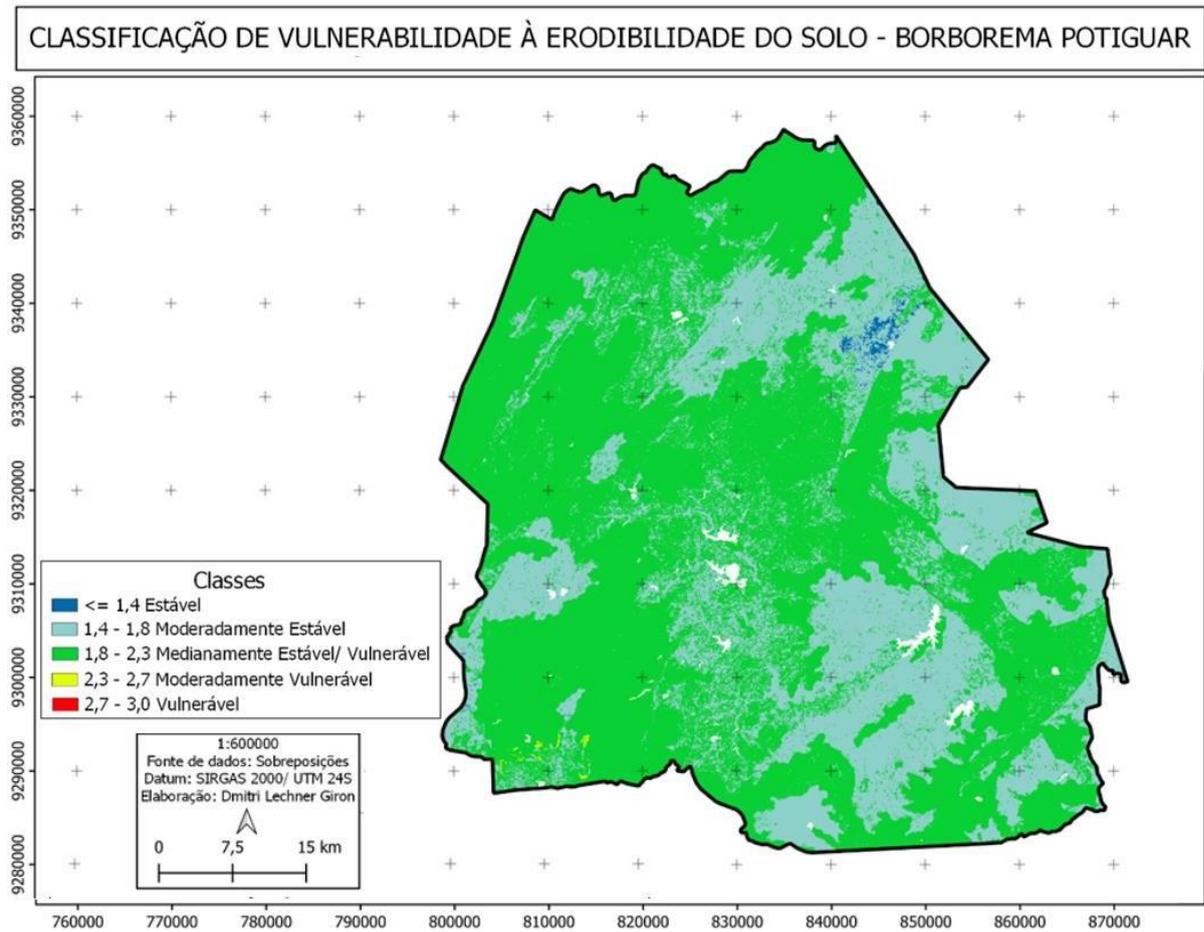
Em savanas com características gramíneo-lenhosa observou-se que 54,36% da área total da região possui cobertura vegetal do tipo Savana ou Florestal, sendo a Savana com a maior densidade, representando 99,78% dessa cobertura vegetal. A densidade que a vegetação possui interfere diretamente na susceptibilidade da região a processos erosivos e áreas de Savana já possuem característica de pouca densidade de cobertura vegetal (CREPANI et al, 2001).

Figura 8. Mapa de uso e cobertura de solo e reclassificação após atribuição dos pesos.



O mapa de Vulnerabilidade natural a perda do solo (Figura 9) mostra que a maior parte da área da Borborema Potiguar encontra-se em parâmetros medianos de estabilidade/ vulnerabilidade, variando entre estáveis (pequena porção), moderadamente estáveis, medianamente estável/ vulnerável e moderadamente vulneráveis (pequenas porções).

Figura 9. Mapa de Vulnerabilidade à erodibilidade do solo.



As regiões classificadas como estáveis situam-se em áreas de baixa declividade, aspectos pedológicos, geológicos e de uso e cobertura do solo estáveis. Já as regiões moderadamente estáveis situam-se em locais com alta declividade e em locais onde o uso do solo é voltado para as atividades agropastoris intensas, mas que são locais onde a geologia e a pedologia não possuem, em geral, parâmetros de vulnerabilidade (TRICART, 1977)

A ocorrência de setores medianamente estáveis/ vulneráveis, que se situam em regiões onde, hora a pedologia e geologia indicam um grau maior de vulnerabilidade, hora apresentam um menor grau de vulnerabilidade, com atividades agropastoris intensas são parâmetros que também necessitam ser considerados, em contrapartida quando a declividade é estável e mais atenuante, os outros aspectos apresentam maiores estabilidades. (TRICART, 1977)

Existem também pequenas regiões classificadas como moderadamente

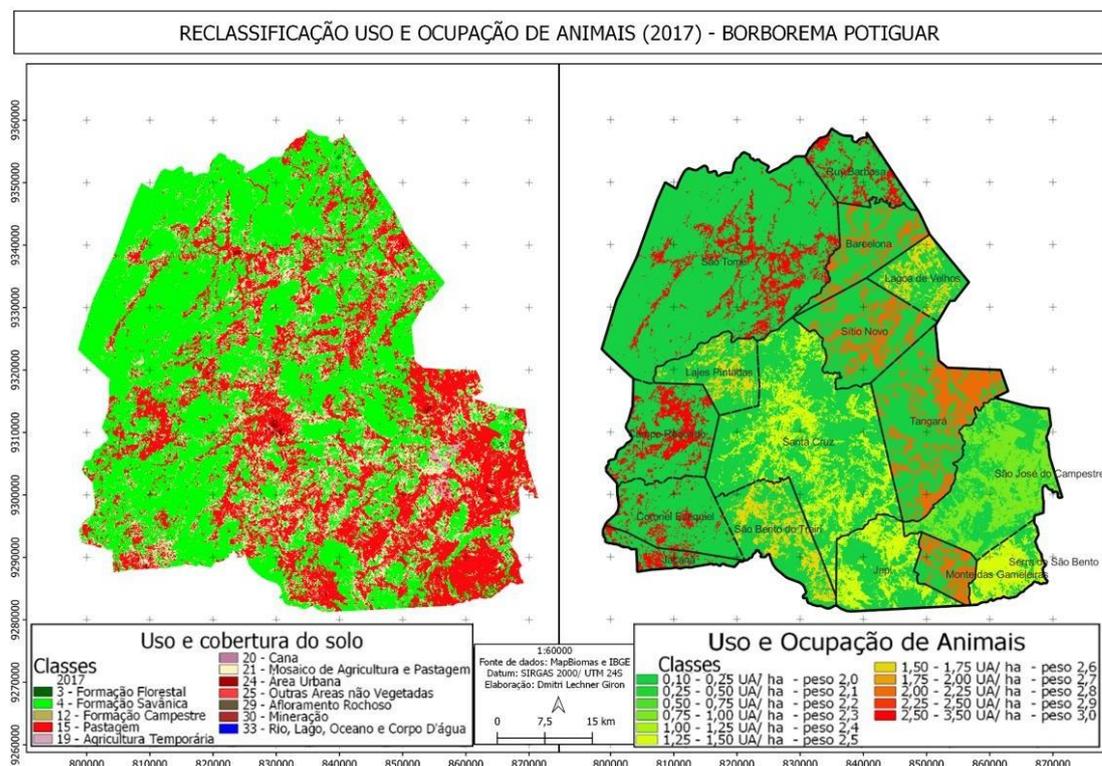
vulneráveis, onde a pedologia, a declividade e as atividades agropastoris são intensas, porém, a geologia foi classificada como estável.

Para além da vulnerabilidade natural da região, soma-se o uso intensivo da terra em práticas agrícolas e pastoris, sendo as formações de Mosaico de Agricultura e Pastagem as mais utilizadas para o cultivo na região. Os registros para esses tipos de formações correspondem a 30,99% da área total reservada a práticas agropastoris.

A relação de uso intensivo da área de vegetação para a prática pastoril aumenta a vulnerabilidade natural da região, já que são registrados valores superiores a 2,50 UA/ha em áreas de pastagem, e considerando que as áreas de mosaico servem apenas a agricultura, o que dificilmente seria totalmente verdade, ainda assim a carga animal seria superior à recomendada (0,1 UA/ha) (GIULIETTI, 2004).

O município de São José do Campestre, por exemplo, registrou a carga animal próxima do recomendado, igual a 0,118 UA/ha. A maior parte dos municípios registraram carga animal superior a 0,25 UA/ha, chegando a ser registrado uma carga de 3,11 UA/ha na cidade Ruy Barbosa (Figura 10).

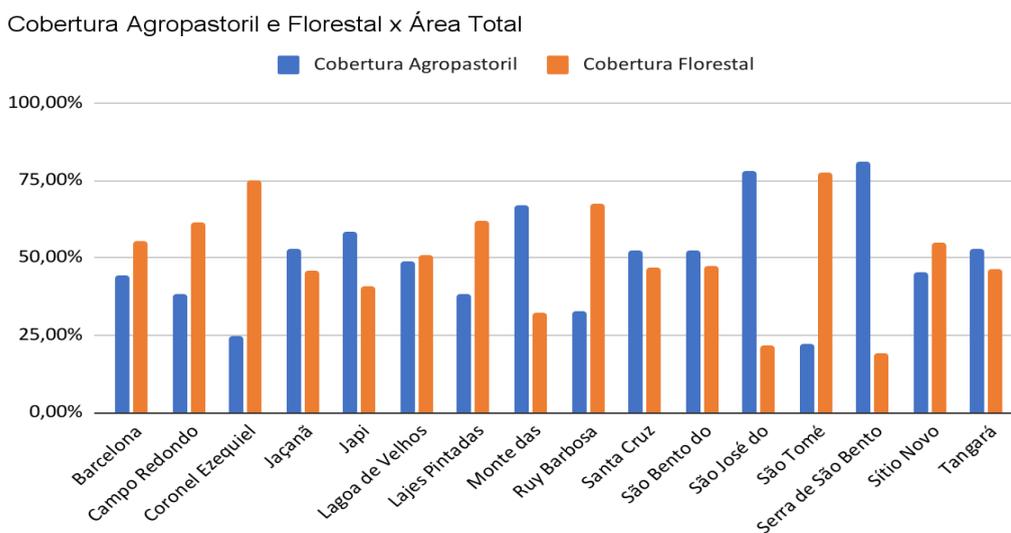
Figura 10. Mapa de uso do solo e reclassificação para uso e ocupação de animais por município.



Além disso, foi medido também qual o peso teria a carga animal local caso todo o território de cada município fosse área de pastagem, conforme resultado apresentado (Figura 10). Ainda assim, somente 2 municípios (São José do Campestre e Serra de São Bento) registraram uma carga animal menor que a recomendada, 8 municípios registraram carga animal entre 0,13 e 0,20 UA/ha e nos 6 municípios restantes a carga animal ficaria entre 0,39 e 0,88 UA/ha.

Na Figura 11 é apresentado a caracterização da cobertura agropastoril e florestal versus a área total, e é possível observar que alguns municípios possuem grande parte de suas áreas utilizadas para a pastagem. Em 6 municípios foram registrados o uso menor que 29,50% de sua área total para a pastagem, 7 utilizam entre 30,87% e 43,83% e 3 municípios utilizam de 53,4% a 73,26% para o mesmo fim.

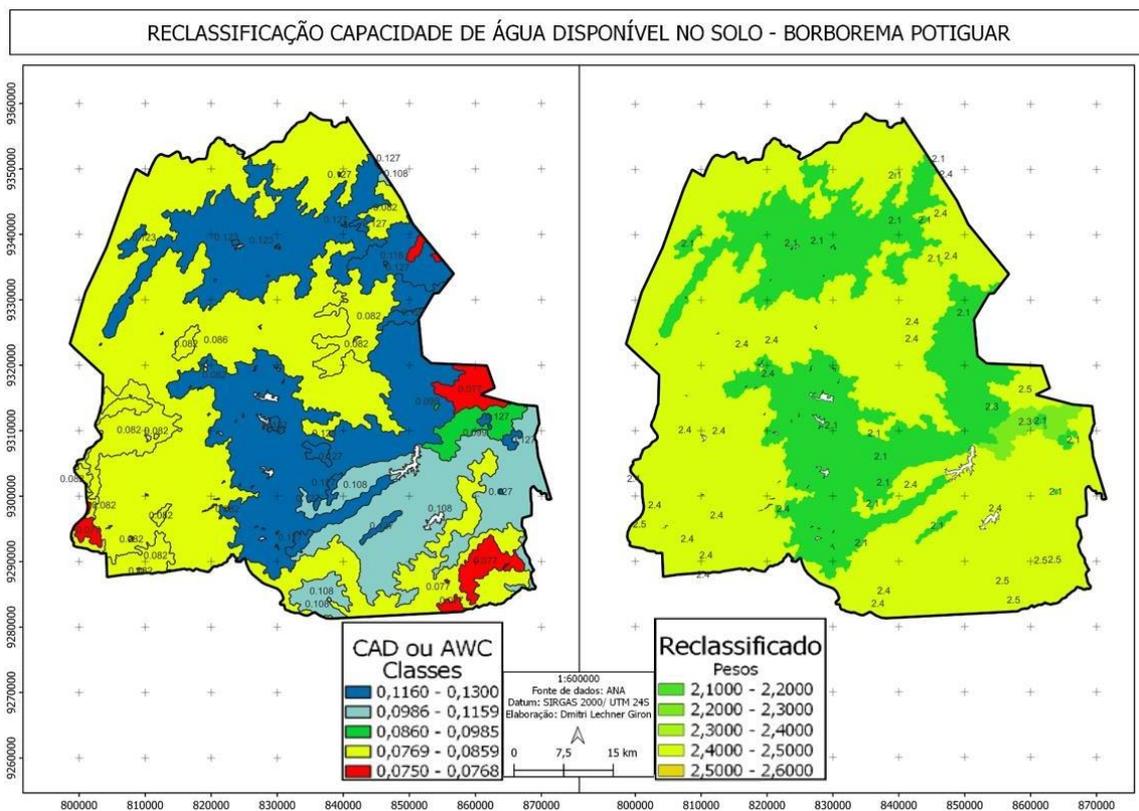
Figura 11. Cobertura Agropastoril e Florestal x Área total.



Fonte: MapBiomias (2017)

Dessa forma, percebe-se que a agropecuária local, para além das dificuldades naturais que enfrenta, chegou a um ponto em que é muito difícil manter a região medianamente estável, já que mesmo que usassem toda a área dos municípios a carga animal na maioria deles seria maior do que a minimamente recomendada. A Capacidade de Água Disponível no Solo (CAD) da região possui poucas variações e seus registros mostraram classes medianamente estáveis/vulneráveis e moderadamente vulneráveis (Figura 12).

Figura 12. Mapa de Capacidade de Água Disponível no Solo (CAD ou AWC) e reclassificação após atribuir os pesos.

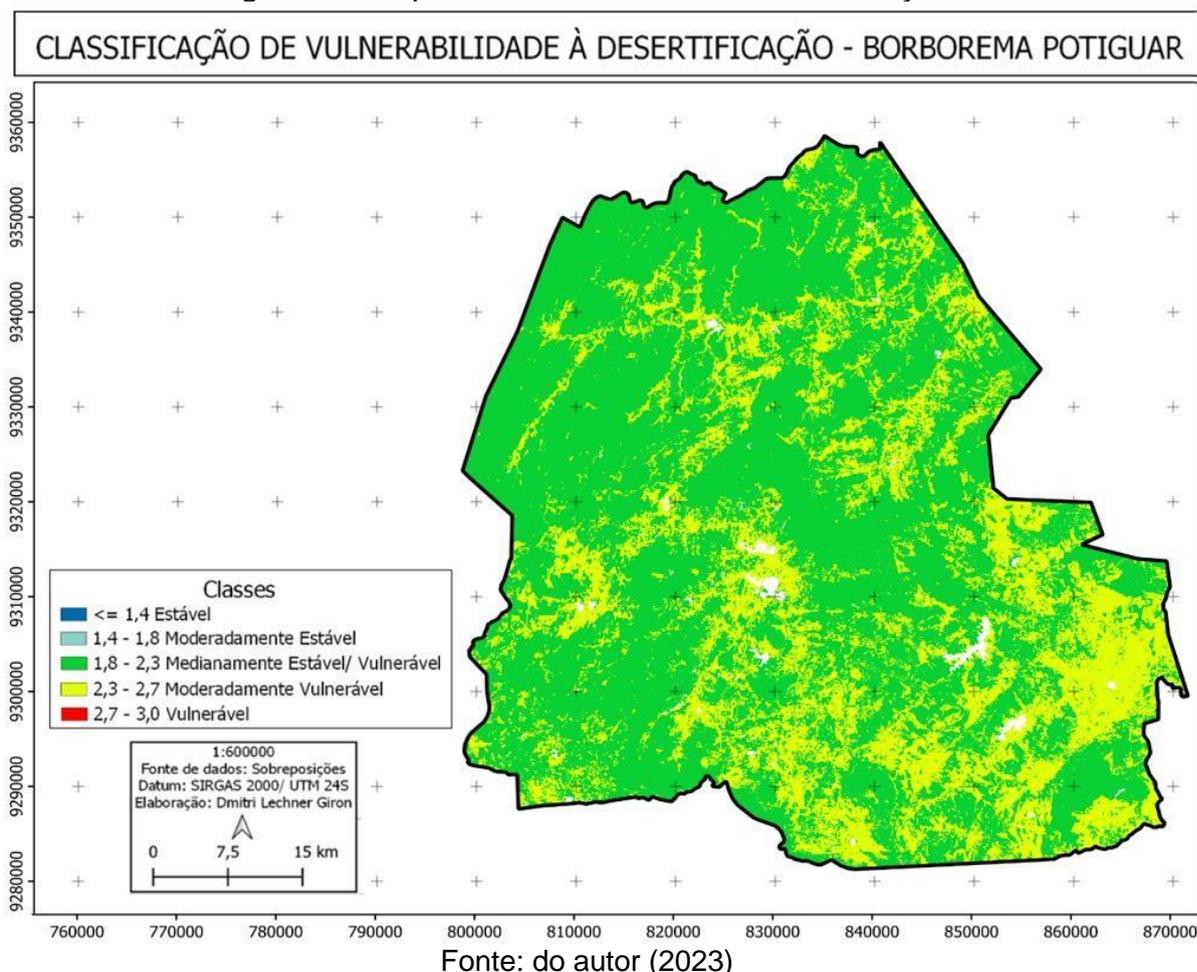


Nas áreas classificadas como medianamente estáveis/ vulneráveis, com peso 2, foi observado predominância de solos do tipo Planossolo Háplico Eutrófico, Neossolo Regolítico Eutrófico, Neossolo Litólico Eutrófico e Latossolo Amarelo Distrófico. Já nas áreas moderadamente instáveis, com peso 2,5, foi registrado os solos do tipo Neossolo Litólico Eutrófico e Argissolo Vermelho Eutrófico. Entretanto, o Argissolo Vermelho Eutrófico também foi verificado em áreas vulneráveis na variável CAD, juntamente com o Argissolo Amarelo Distrófico.

As informações disponíveis sobre a CAD, mostraram que as formações pedológicas sofreram influência em suas características próprias em relação com a declividade que o Planalto da Borborema realiza na região, já que tipos iguais de solo são verificados valores de CAD diferentes, e há a influência das alterações que eventos climáticos (como El Niño e La Niña) causam na CAD. (COUTINHO, 2011)

Em relação ao mapa de vulnerabilidade à desertificação (Figura13) pode-se observar que a Borborema Potiguar se situa dentro do conceito de meio intergrade proposto por Tricart (1977), onde os meios não são estáveis, mas suscetíveis a alterações ambientais, seja em decorrência de ações naturais ou as causadas pela ação humana.

Figura 13. Mapa de vulnerabilidade à desertificação.



Aqui nessa parte você precisa discutir mais sobre a importância de conhecer a vulnerabilidade da região. Falar sobre aspectos econômicos que podem estar envolvidos. Pegar exemplos práticos de outras regiões e apresentar e discutir.

No mapa do Rio Grande do Norte elaborado por Oliveira (2017) é possível observar que na área da microrregião de Borborema Potiguar há uma mancha de área fortemente degradada em processo de desertificação, localizada ao sul. Por tratar-se de um trabalho em maiores escalas, possivelmente não apresentou o mosaico de áreas que o trabalho aqui proposto conseguiu identificar.

Observando a Figura 14 e fazendo uma análise comparativa visual com a Figura 13, é possível notar a conformidade com os resultados aqui apresentados e os resultados de Oliveira (2017).

Figura 14. Zoom do mapa das áreas fortemente degradadas em processo de desertificação do Rio Grande do Norte.



Fonte: Oliveira (2017)

## 6. CONCLUSÃO

O mapa de vulnerabilidade à desertificação mostra como determinadas opções metodológicas interferem diretamente na forma como os dados são transformados em informação e como podemos observá-las. A região (Borborema Potiguar) em que estas opções foram aplicadas ficou classificada entre 1,8 e 2,4, e de maneira geral 2.772 Km<sup>2</sup> (71%) de sua área pode ser classificada entre medianamente estável/vulnerável aos processos de desertificação.

Entretanto, a distribuição da carga animal na região fez com que em toda a área de pastagem e mosaico de pastagem/lavoura fossem classificadas como moderadamente vulnerável aos processos de desertificação, em razão ao alto número de animais que a região possui, sendo registrado 1132 Km<sup>2</sup> (29%) de área.

De forma comparativa foi possível observar que a desertificação pode estar expandindo em forma de mosaico, de maneira que trabalhos em maiores escalas não consigam identificar esses focos. Evidenciando a importância de incluir outras variáveis (índice de aridez local, focos de incêndio, uso incorreto da água disponível para irrigação, salinização dos leitos pluviais, produção agrícola por ha, distribuição histórica de perturbação de áreas de preservação, o uso de áreas de preservação para práticas agropastoris, entre diversos outros aspectos causadores de pressões no ambiente).

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Capacidade de água disponível (cad/awc) para solos brasileiros**. v. 0, p. 1-5, 2021. Disponível em <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/28fe4baa-66f3-4f6b-b0d2-890abf5910c4>>. Acesso em 20 de março de 2022

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARROS, Jocilene Dantas; MONTEIRO, Thereza Rachel Rodrigues; CESTARO, Luiz Antonio. A região natural Planalto da Borborema no semiárido do Rio Grande do Norte. In: **Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido**. 2018. p. 1-12.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Secretaria de Recursos Hídricos**. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. 2005.

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

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Um sistema de alerta precoce contra as secas e a desertificação no semiárido brasileiro**. III Reunião Técnica do CEMADEN. PAINEL III: Sistemas de Apoio à Decisão, Fortaleza, Abril 2012. Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/apresentacoes/IIIrtdocemaden.php>>. Acesso em: 20 de março de 2022.

CORSEUIL, Cláudia Weber. **Técnicas de geoprocessamento e de análise de multicritérios na adequação de uso das terras**. 2006.

COUTINHO, Maytê Duarte Leal; DE BRITO, José Ivaldo Barbosa. Armazenamento de água no solo sob cenários de mudanças climáticas na Paraíba e Rio Grande do Norte. **Anais do IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa**, 2011.

CREPANI, Edison et al. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

CREPANI, Edison et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

DE BARROS CORRÊA, Antonio Carlos et al. Megamorfologia e morfoestrutura do Planalto de Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, v. 31, n. 1-2, p. 35-52, 2010.

DE INDICADORES SOCIAIS, **IBGE Síntese**. v. 13, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9221-sintese-de-indicadores-sociais.html?edicao=27611&t=resultados>>. Acesso em: 15 de março de 2022.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça et al. Mapeamento geomorfológico do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 4, 2017.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; PEREIRA, Vítor Hugo Campelo. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015.

DO NORTE, RIO GRANDE. Secretaria de Recursos Hídricos. **Panorama da Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte**. Natal. RN, 2005.

GIULIETTI, A. M., BOCAGE NETA, A. L., CASTRO, A. A. J. F. 2004. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma da caatinga. In: **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. MMA-UFPE, Brasília, DF, p.47-90.

GEOLÓGICO DO BRASIL, CPRM–Serviço. Mapa Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte. **Natal: CPRM**, 2009.

GOMES, Stephanie Hellen Barbosa; RODRIGUES, Illgner Clay Bezerra; SANTOS DE MELO, Talvanis Clóvis; CÂMARA, Yasmim BorgeS; SANTANA, José Augusto da Silva. **Invasão de propágulos de *Azadirachta indica* A. Juss. (nim) nas parcelas experimentais de espécies florestais em Macaíba-RN**, In: II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, Campina Grande-PB, 2017.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der erde. Gotha: verlag justus perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, p. 91-102, 1928.

LIMA, Ricardo da Cunha Correia et al. Sistema de avaliação espacial do processo de desertificação no semiárido brasileiro. **Gaia Scientia**, v. 10, n. 4, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/32876/19216.%7C>>. Acesso em: 20 de março de 2022.

MATALLO JUNIOR, Heitor et al. Glossário de termos e conceitos usados no contexto da UNCCD. 2009.

MAPBIOMAS. **Coleção 4.1 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**. Disponível em: <[https://code.earthengine.google.com/19fb58ce17cccc71c0c09b0bf1c6b1e4?accept\\_repo=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit](https://code.earthengine.google.com/19fb58ce17cccc71c0c09b0bf1c6b1e4?accept_repo=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit)> Acesso em: 09 de março 2022.

MMA-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. 2007**.

OLIVEIRA, Sônia Barreto Perdigão de et al. **Uso de sensoriamento remoto para mapeamento de áreas susceptíveis à desertificação na região semiárida do Brasil.2017**.

ONU. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental, 1995. 94p.

PARENTE, Henrique Nunes; MAIA, Michelle de Oliveira. **Impacto do pastejo sobre**

## **acompanhamento dos solos com ênfase no Semiárido. 2011.**

PAREDES-TREJO, Franklin et al. Long-term spatiotemporal variation of droughts in the Amazon River Basin. **Water**, v. 13, n. 3, p. 351, 2021.

PEGADO, Cláudia Maria Alves et al. Efeitos da invasão biológica de algaroba: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 887-898, 2006.

RIBEIRO, Fernanda L.; CAMPOS, Sérgio. Vulnerabilidade à erosão do solo da região do Alto Rio Pardo, Pardingho, SP. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 11, p. 628-636, 2007.

SCHMIDT, Darlan Martines. **Dinâmica das configurações de formação e inibição das chuvas no Rio Grande do Norte**: caracterização hidroclimática do estado. 2014. 132f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas). Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/19447>>. Acesso em: 20 de março de 2022.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Inventário Florestal Nacional: principais resultados: Rio Grande do Norte. Brasília, DF: MMA, 2018. 64 p. (**Série Relatórios Técnicos- IFN**). Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/resultados-ifn/3991-resultados-ifn-rn-2018/file>> Acesso em: 20 de março de 2022.

SILVA, Hernande Perreira. **Mapeamento das áreas sob risco de desertificação no semiárido de Pernambuco a partir de imagens de satélites**. 2009. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado). Recife, UFRPE.

SOARES, Deivide Benicio; NÓBREGA, Ranyére Silva; DE OLIVEIRA MOTA FILHO, Fernando. Sobre o Processo de Desertificação (About the Desertification Process). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 1, p. 174-188, 2011.

SOARES, S. R. **Análise multicritério com instrumento de gestão ambiental**. 2003. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Florianópolis: UFSC.

SOUSA, Fábio Jackson Martins. **Fatores e consequências da degradação da Caatinga na Paraíba e as perspectivas das Unidades de Conservação**; 2017; Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Geografia).

SOUZA, Bartolomeu I. de; DE SILANS, Alain MBP; SANTOS, José B. dos. Contribuição ao estudo da desertificação na Bacia do Taperoá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2-3, p. 292-298, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/PrsfB6TP5Y9z5mG9tmqCsNN/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 20 de março de 2022.

SUDENE. Resolução CONDEL/SUDENE no 150, de 13 de dezembro de 2021. UNITED NATIONS. **United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification**,

**particularly in Africa.** 1994.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1977.

TOPODATA. **Banco de dados geomorfométricos do Brasil.** Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>

VASCONCELOS SOBRINHO, João. Núcleos de desertificação no polígono das secas. **Recife: Anais do ICB, UFPE**, p. 69-73, 1971.

VIEIRA, Allan Sarmiento et al. A análise multicriterial no apoio à gestão ambiental. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 1, p. 142-156, 2015.

VIOLA, Marcelo R. et al. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 970-978, 2010.