

# ANÁLISE DO RISCO DE DEGRADAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE CRATEÚS (CE): USO DO GEOPROCESSAMENTO NA AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL, DECLIVIDADE E ERODIBILIDADE

Francisco Roni da Silva Ribeiro<sup>1\*</sup>  
Thiago Fernandes da Silva<sup>2\*\*</sup>

## RESUMO

A degradação ambiental no semiárido do Nordeste é um desafio cada vez maior, principalmente por conta de processos erosivos que afetam diretamente a fertilidade do solo e o equilíbrio dos ecossistemas. Em Crateús, cidade situada na região noroeste do Ceará, fatores como a baixa cobertura vegetal, presença de solos com elevada suscetibilidade à erosão e áreas com declividades acentuadas intensificam esse cenário. Nesse contexto, o uso de técnicas de geoprocessamento se apresenta como um instrumento essencial para a avaliação e o mapeamento de áreas em risco. O objetivo deste estudo foi avaliar o risco de degradação do solo no município de Crateús, utilizando o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS). Essa análise foi realizada com base na combinação de três fatores: cobertura vegetal (NDVI), declividade do terreno (MDE) e erodibilidade dos solos. O processamento dos dados foi realizado no software QGIS, com imagens de satélite Landsat 8 e dados pedológicos e topográficos. A metodologia permitiu a classificação do município em cinco classes de risco. Como resultado, verificou-se que as classes de risco médio e alto de deterioração predominaram, representando mais de 60% da área total, enquanto as áreas de risco muito baixo representaram menos de 2%. O estudo reforça a importância do uso de geotecnologias para o diagnóstico ambiental, contribuindo para o planejamento territorial sustentável e a definição de estratégias preventivas de conservação dos solos.

Palavras-chave: Geoprocessamento; degradação do solo; semiárido.

## ABSTRACT

Environmental degradation in the semiarid Northeast region is an increasing challenge, primarily due to erosion processes that directly affect soil fertility and ecosystem balance. In Crateús, a city located in the northwestern region of Ceará, factors such as low vegetation cover, soils highly susceptible to erosion, and areas with steep slopes exacerbate this situation. In this context, the use of geoprocessing techniques is an essential tool for assessing and mapping areas at risk. The objective of this study was to assess the risk of soil degradation in the municipality of Crateús using the Semiarid Land Deterioration Index (IDTS). This analysis was performed based on a combination of three factors: vegetation cover (NDVI), terrain slope (MDE), and soil erodibility. Data processing was performed in QGIS software, using Landsat 8 satellite imagery and pedological and topographic data. The methodology allowed the municipality to be classified into five risk classes. As a result, it was found that medium and high risk deterioration classes predominated, representing over 60% of the total area, while very low risk areas represented less than 2%. The study reinforces the importance

<sup>1\*</sup> Francisco Roni da Silva Ribeiro, Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, na Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, [ronirb001@gmail.com](mailto:ronirb001@gmail.com)

<sup>2\*\*</sup> Thiago Fernandes da Silva, professor da Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, [thiagofernandes@crateus.ufc.br](mailto:thiagofernandes@crateus.ufc.br) (Orientador)

of using geotechnologies for environmental diagnosis, contributing to sustainable territorial planning and the definition of preventive soil conservation strategies.

Keywords: Geoprocessing; soil degradation; semi-arid.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Souza et al. (2023), a degradação ambiental é um processo que resulta na diminuição da capacidade dos recursos naturais do nosso planeta. Essa diminuição pode acontecer de maneira natural, como em casos de mudanças climáticas, erosão do solo e invasão de espécies, ou por intervenções humanas, quando as ações executadas provocam prejuízos diretos ou indiretos aos recursos, na maioria das vezes de forma descontrolada.

Essa deterioração decorre, em geral, do uso e ocupação desordenados do solo, motivadas pela busca de necessidades materiais e pelo progresso tecnológico que acompanha a evolução humana ao longo dos tempos. Esse crescimento frequentemente leva a alterações que, em vez de serem benéficas, acabam por desestabilizar ecossistemas vulneráveis e comprometer a sustentabilidade ambiental (Rubira, 2016).

A erosão do solo é um dos processos de degradação ambiental mais alarmantes, pois diminui a fertilidade do solo, compromete a qualidade da água devido ao assoreamento de rios e lagos, além de afetar a produtividade agrícola e a biodiversidade local. No semiárido brasileiro, essa fragilidade é ainda maior em razão das chuvas intensas em curtos períodos de tempo e o uso indevido do solo, fatores que elevam significativamente o risco de erosão e desertificação (Maciel e Silva, 2021).

Nesse cenário, o geoprocessamento se apresenta como uma ferramenta essencial para o monitoramento e a avaliação dos efeitos da degradação do solo, possibilitando a análise de fatores como a cobertura vegetal, a declividade do terreno e a erodibilidade dos solos. O uso de imagens de satélite e Modelos Digitais de Elevação (MDE) permite a criação de mapas temáticos que ajudam a identificar áreas de maior risco, apoiando o planejamento de medidas de conservação ambiental e recuperação de áreas degradadas (SILVA et al., 2020).

Estudos recentes utilizaram o geoprocessamento para analisar a erosão do solo em regiões semiáridas do Brasil. Silva et al. (2021) utilizaram geotecnologias para avaliar a vulnerabilidade do solo à erosão eólica, utilizando a combinação de dados de declividade, geologia, pedologia, umidade do solo e uso da terra para a elaboração de mapas de risco. Borges et al. (2023) utilizaram a geoinformação para analisar a susceptibilidade a erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Goiana, utilizando o geoprocessamento para combinar variáveis como solos, declividade, uso e ocupação do solo e pluviometria, chegando a um modelo que destaca os pontos com maior risco de erosão hídrica.

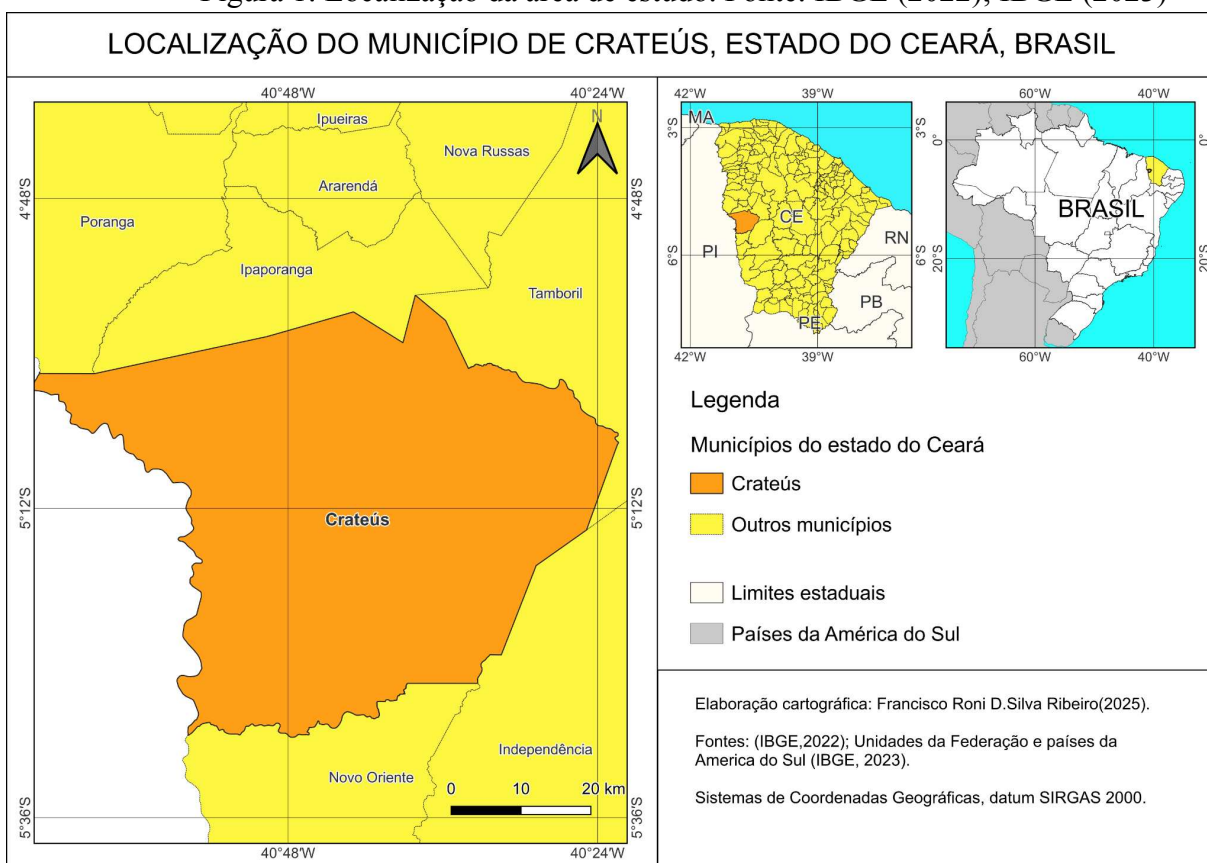
Neste cenário, este estudo visa analisar o risco de degradação do solo no município de Crateús, no Ceará, utilizando técnicas de geoprocessamento. Para isso, foram examinados indicadores ambientais e com base nas informações obtidas, foram elaborados mapas temáticos que ajudam a identificar as áreas mais propensas à erosão, auxiliando na criação de estratégias de gestão ambiental mais eficientes para a região.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Área de Estudo

Este estudo foi realizado no município de Crateús, situado na região noroeste do Ceará, Brasil, como mostra a figura 1. Localizado no semiárido nordestino, Crateús abrange uma área de cerca de 2.981 km<sup>2</sup>, e sua vegetação nativa é a Caatinga, caracterizada por formações arbustivas, cactáceas e árvores de pequeno porte adaptadas à falta de água (IBGE, 2023). O clima predominante é o semiárido quente, caracterizado por altas temperaturas médias anuais de 26°C a 28°C (IPECE, 2017), e um padrão de precipitação irregular, com chuvas concentradas de janeiro a abril, totalizando uma média anual de 673,3mm (FUNCEME, 2024).

Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: IBGE (2022); IBGE (2023)

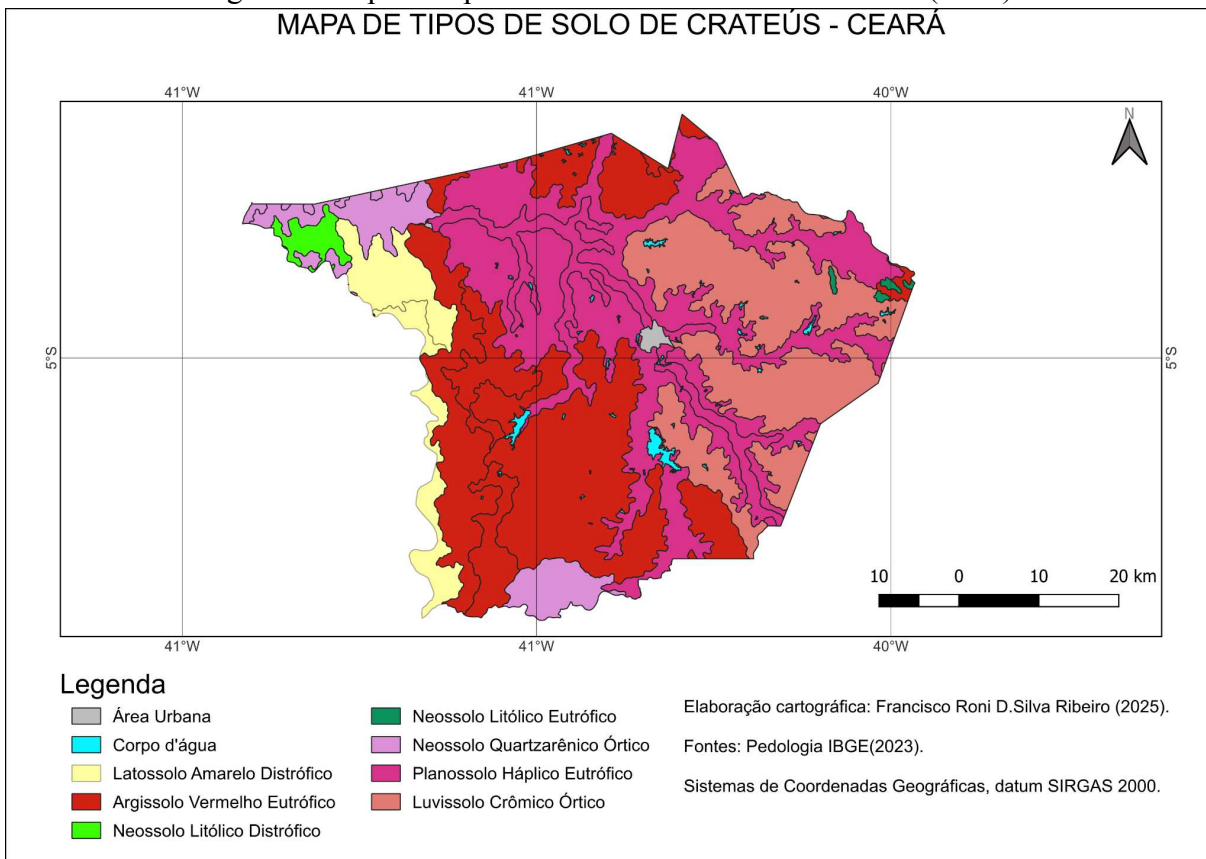


Fonte: Autor, 2025.

Os solos presentes na área de estudo (Figura 2) exibem uma distribuição diversificada ao longo do município. Em grande parte do território, especialmente ao redor da sede urbana, predominam os Planossolos Háplicos Eutróficos de textura arenosa média, com relevo plano e suave ondulado. Na região sudoeste, há predominância de Argissolos Vermelhos Eutróficos, com textura média argilosa e diferentes configurações de relevo, incluindo plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso. Na região nordeste,

predominam os Luvisolos Crômicos Órticos, de textura média argilosa e fase pedregosa, ocorrendo principalmente em relevos suave ondulado e plano.

Figura 2: Mapa do tipo de solo de Crateús. Fonte: IBGE (2023)



Fonte: Autor, 2025.

Tendo em vista que a erosão do solo é um dos efeitos mais relevantes da degradação ambiental e que elementos como cobertura vegetal, declividade do terreno e erodibilidade dos solos são fundamentais no processo erosivo, este estudo utilizou o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS), modelo sugerido por Francisco et al. (2014), como metodologia para analisar a degradação das terras com base nesses elementos. O IDTS consiste na integração de diversas variáveis ambientais, atribuindo valores numéricos a classes de risco e, em seguida, combinando-os matematicamente. Isso possibilita a identificação de áreas prioritárias para conservação ou recuperação.

## 2.2 Processamento dos Dados no QGIS

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi empregado na análise da cobertura do solo, com base em imagens de satélite Landsat 8. O NDVI é frequentemente empregado no acompanhamento da vegetação, pois possibilita a avaliação da densidade e da saúde da vegetação com base na diferença entre os valores de reflectância nos

espectros do infravermelho próximo e no espectro do vermelho. Para calcular o NDVI, foi utilizado a seguinte relação matemática, apresentada na equação (1):

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

onde NIR corresponde à reflectância na banda do infravermelho próximo (Banda 5) e Red à reflectância na banda do vermelho (Banda 4) do satélite Landsat 8.

As imagens empregadas foram obtidas por meio da plataforma USGS Earth Explorer, especialmente as imagens de nível 2, que já apresentam correção atmosférica, assegurando maior precisão na análise. Essas imagens foram selecionadas para o mês de setembro, tradicionalmente o período mais seco do Ceará. Em Fortaleza, por exemplo, segundo o INMET (2022) foram registrados apenas 7,0 mm de precipitação, quantidade 49% abaixo da média histórica, o que demonstra a excepcional aridez desse período. A escolha desse mês foi para representar um cenário crítico da cobertura vegetal, já que durante esse período a vegetação é mais escassa pela baixa presença de chuvas. Dessa forma, ao analisar esse momento de maior estresse hídrico, a análise do NDVI permite avaliar com mais precisão as áreas mais vulneráveis à degradação ambiental. A delimitação da área de estudo foi realizada com base nos limites geográficos do município de Crateús, no Ceará, visando concentrar-se na região de interesse para o mapeamento da cobertura do solo.

O software QGIS (versão 3.34) foi empregado para processar as imagens, e a ferramenta Raster Calculator foi usada para calcular o NDVI, utilizando a equação do índice de vegetação. Depois de calcular o NDVI, ele foi classificado em várias categorias de cobertura do solo. Para isso, utilizou-se uma simbologia que destacou as áreas vegetadas em verde e as áreas não vegetadas em amarelo e vermelho. Essa simbologia possibilitou uma representação clara das variadas condições de cobertura do solo na área analisada.

Para classificar as áreas de cobertura do solo, foi adotada a metodologia de Francisco et al. (2014), que classifica o NDVI em diferentes categorias de acordo com os parâmetros descritos na tabela 1:

Tabela 1: Parâmetros de vegetação

<b>Classes de Risco</b>	<b>Valores de NDVI</b>	<b>Índice de Classe</b>
Muito Baixa	> 0,315	1
Baixa	0,265 - 0,315	3
Média	0,195 - 0,265	5
Alta	0,150 - 0,195	7
Muito Alta	0 - 0,150	9

Fonte: Francisco et al. (2014).

A partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido diretamente no QGIS, utilizando o complemento OpenTopography DEM Downloader, foi possível analisar a declividade do terreno. A região de interesse, que corresponde ao município de Crateús, foi definida anteriormente na tela com o suporte do plugin QuickMapServices, que disponibilizou a base cartográfica do Google Satellite. O modelo Copernicus Global DEM, com resolução espacial de 30 metros, foi selecionado para download.

Antes de realizar o cálculo, o MDE original, que se encontrava em coordenadas geográficas, foi convertido para um sistema de referência espacial plano, apropriado para a área de estudo. A projeção SIRGAS 2000 / UTM zona 24S (EPSG:31984) foi empregada, correspondendo à posição do município. A reprojeção foi executada com a ferramenta "Reprojetar raster", empregando o método de reamostragem bilinear para assegurar transições suaves no modelo.

Com o MDE reprojetado, utilizou-se a ferramenta "Declividade", presente na Caixa de Ferramentas de Processamento do QGIS, para calcular a declividade, configurando a opção de saída para porcentagem. O raster produzido refletiu os valores de declividade do terreno para cada pixel da região analisada.

Posteriormente, utilizou-se a ferramenta "Reclassificar por tabela" para classificar as faixas de declividade com base nos intervalos estabelecidos na metodologia de Francisco et al. (2014). Além disso, a simbologia foi modificada, fazendo com que as regiões de maior declividade fossem representadas em vermelho, de acordo com a tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de declividade

<b>Classes de Risco</b>	<b>Limites de Classe (%)</b>	<b>Classes de Declividade</b>	<b>Índice de Classe</b>
Muito Baixa	0 -3	Plano	1
Baixa	3 - 6	Suave Ondulado	3
Média	6 - 12	Moderadamente Ondulado	5
Alta	12 - 20	Ondulado	7
Muito Alta	> 20	Forte Ondulado/Montanhoso	9

Fonte: Francisco et al. (2014).

A camada vetorial de pedologia recortada para os limites do município de Crateús-CE serviu como base para a criação do mapa de erodibilidade do solo (fator K). A tabela de atributos da camada foi ajustada, mantendo apenas as colunas essenciais. Posteriormente, criou-se uma nova coluna chamada "fator\_k", onde os valores de erodibilidade foram inseridos. Esses valores foram obtidos de diversas fontes bibliográficas, todas com pesquisas concentradas na região Nordeste do Brasil, conforme demonstrado na tabela 3.

Tabela 3: Valores do Fator K utilizados

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Fator K</b>	<b>Fonte</b>
Luvissole Crômico Órtico	0,0427	Francisco et al. (2019)
Neossolo Litólico Distrófico	0,0388	Francisco et al. (2024)
Neossolo Litólico Eutrófico	0,0355	Francisco et al. (2024)
Argissolo Vermelho Eutrófico	0,0226	Francisco et al. (2019)
Latossolo Amarelo Distrófico	0,0192	Francisco et al. (2024)
Planossolo Háptico Eutrófico	0,009	Freires et al. (2023)
Neossolo Quartzarênico Órtico	0,009	Freires et al. (2023)

Fonte: Autor, 2025.

Após a atribuição dos valores, a camada vetorial foi convertida para raster utilizando a ferramenta rasterizar (vetor para raster), disponível na caixa de ferramentas GDAL no QGIS. O campo utilizado para a rasterização foi o "fator\_k", e o tamanho do pixel foi definido como 30 metros, compatível com o sistema de projeção e a escala do projeto. A extensão da rasterização foi determinada com base nos limites do município de Crateús.

Novamente, foi utilizada a ferramenta "Reclassificar por tabela" para categorizar a erodibilidade com base nos intervalos definidos na metodologia de Francisco et al. (2014). A simbologia foi ajustada de modo que as áreas com maior erodibilidade fossem representadas em tons de vermelho, conforme a tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros de erodibilidade

<b>Classes de Risco</b>	<b>Erodibilidade (<math>Mg\ mm\ MJ^{-1}\ ha^{-1}</math>)</b>	<b>Índice de Classe</b>
Muito Baixa	< 0,01	1
Baixa	0,01 - 0,02	3
Média	0,02 - 0,03	5
Alta	0,03 - 0,04	7
Muito Alta	> 0,04	9

Fonte: Francisco et al. (2014).

Com os 3 mapas anteriores finalizados, foi feita a integração das variáveis por meio da ferramenta Calculadora Raster do QGIS, a expressão utilizada consistiu na multiplicação dos valores das três camadas, NDVI \* Declividade \* Erodibilidade. Essa operação resultou em um novo mapa representativo do nível de deterioração do solo, os valores resultantes foram reclassificados por meio da ferramenta Reclassificar por tabela,

variando de acordo com a tabela 5, e a simbologia foi ajustada para que as áreas com maior grau de deterioração fossem destacadas em vermelho.

Tabela 5: Parâmetros para estimativa de deterioração das terras

<b>Classes de Risco</b>	<b>Cobertura Vegetal (NDVI)</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Erodibilidade (<math>Mg\ mm\ MJ^{-1}\ ha^{-1}</math>)</b>	<b>Índice Classe</b>	<b>Intervalo Classe</b>	<b>Grau de Risco</b>
Muito Baixa	> 0,315	0 - 3	< 0,01	1	0 - 3	1
Baixa	0,265 - 0,315	3 - 6	0,01 - 0,02	3	3 - 15	27
Média	0,195 - 0,265	6 - 12	0,02 - 0,03	5	15 - 45	125
Alta	0,150 - 0,195	12 - 20	0,03 - 0,04	7	45 - 175	343
Muito Alta	0 - 0,150	> 20	> 0,04	9	> 175	729

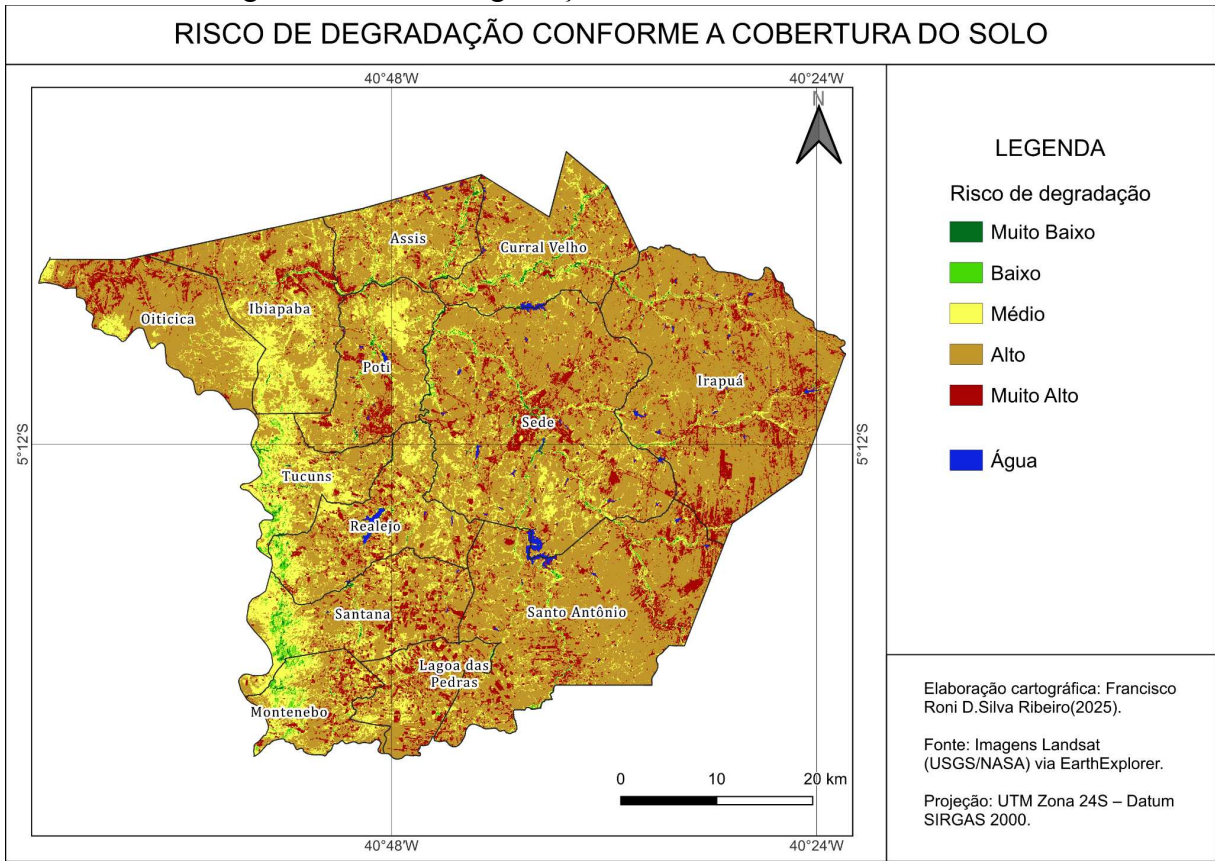
Fonte: Francisco et al. (2014).

Os intervalos usados para classificar o grau de deterioração das terras permitem identificar claramente as áreas com diferentes níveis de risco, sendo fundamentais para direcionar possíveis ações de recuperação ambiental. Assim, medidas de recuperação e manejo podem ser implementadas de forma estratégica, auxiliando na preservação dos recursos naturais e promovendo o desenvolvimento sustentável.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da distribuição das classes de cobertura vegetal do solo são apresentados na Figura 3. A classe com maior extensão territorial apresenta um alto risco de degradação, abrangendo 2.034,72 km<sup>2</sup>, o que equivale a 68,23% da área total do município. Essa predominância sugere que a maior parte do território de Crateús tem baixa cobertura vegetal, aumentando a vulnerabilidade à degradação. A categoria de risco muito alto abrange uma área de 369,86 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 12,40%. Essas duas classes juntas ocupam 80,63% da área do município, o que indica um cenário preocupante em relação à preservação da cobertura vegetal.

Figura 3: Risco de degradação conforme a cobertura do solo.



Fonte: Autor, 2025.

As áreas classificadas como risco médio, baixo e muito baixo de degradação ocupam, respectivamente, 501,61 km<sup>2</sup> (16,82%), 43,88 km<sup>2</sup> (1,47%) e 16,91 km<sup>2</sup> (0,57%). Embora ocupem apenas uma pequena parte da área total, essas regiões podem ser vistas como remanescentes de uma cobertura vegetal mais estável. Nota-se que a maior parte dessas classes está concentrada nas regiões oeste e sudoeste do município, áreas onde predomina o Latossolo Amarelo Distrófico, um tipo de solo profundo e com boa estrutura. Segundo Bressan et al. (2013), esse tipo de solo, quando coberto por vegetação nativa ou manejado com adubação verde, apresenta melhores condições físico-químicas, como maior acúmulo de matéria orgânica, menor densidade e maior estabilidade de agregados, o que contribui para a redução da degradação ambiental.

A tabela 6 mostra os resultados da distribuição espacial das áreas conforme os fatores que afetam a degradação do solo analisados neste trabalho, apresentando os valores em km<sup>2</sup> e classificados de risco muito baixo até muito alto.

Tabela 6: Distribuição das Classes de Degradação conforme Fatores Avaliados.

Classes de Risco	Cobertura do Solo(km <sup>2</sup> )	Declividade (km <sup>2</sup> )	Erodibilidade (km <sup>2</sup> )	Deterioração (km <sup>2</sup> )
------------------	-------------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	---------------------------------

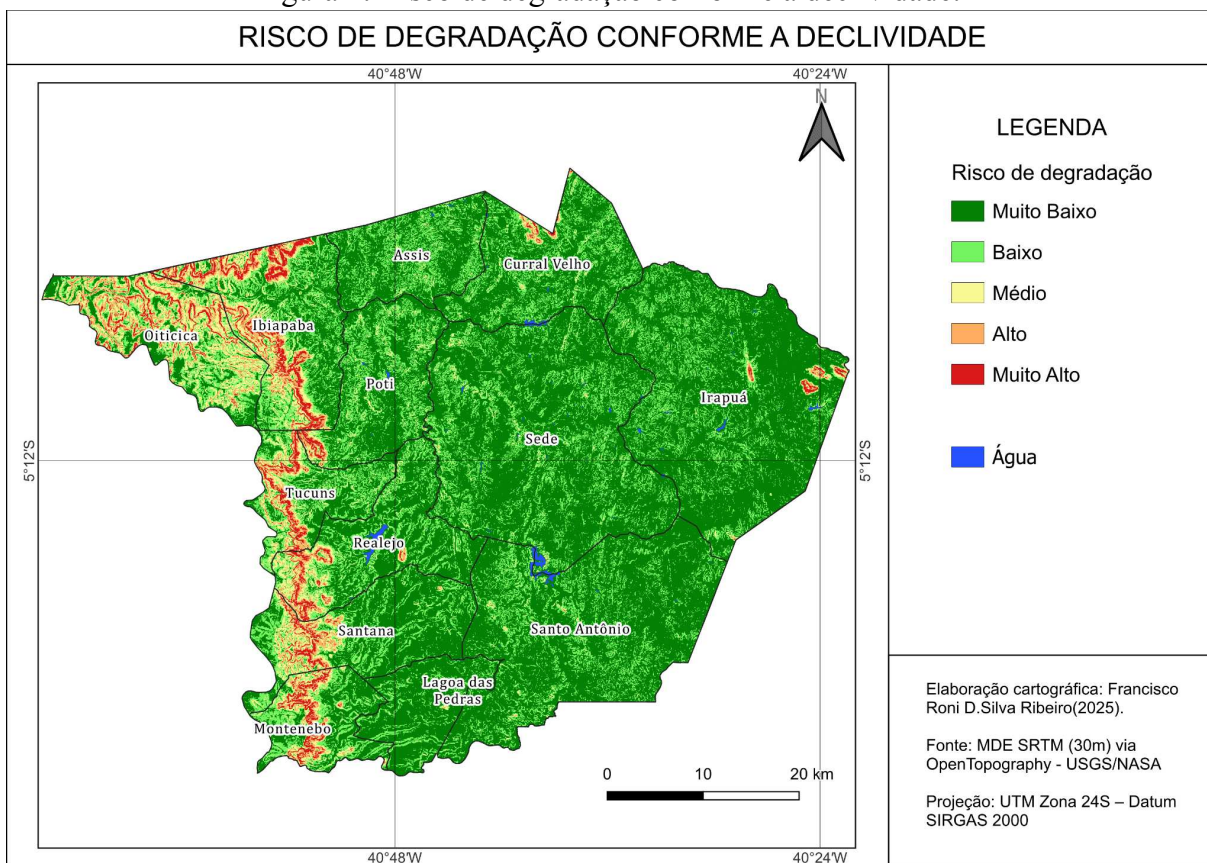
Muito Baixa	16,91	2117,05	1141,03	54,57
Baixa	43,88	587,81	178,49	840,45
Média	501,61	186,50	962,04	919,83
Alta	2034,72	63,02	42,61	915,50
Muito Alta	369,86	27,30	622,70	249,03

Fonte: Autor, 2025.

Conforme mostrado na Tabela 6 e na Figura 4, 2.117,05 km<sup>2</sup> das terras do município estão classificadas como de muito baixo risco de degradação por declividade, o que corresponde a áreas com inclinação de 0 a 3%. A classe baixa, com declividade entre 3% e 6%, abrange uma área de 587,81 km<sup>2</sup>. Esses dados indicam que a maior parte do território de Crateús possui um relevo plano ou levemente ondulado, o que representa menor potencial de escoamento superficial e de processos erosivos.

As outras classes de risco médio (6 a 12%), alto (12 a 20%) e muito alto (acima de 20%) ocupam, respectivamente, 186,50 km<sup>2</sup>, 63,02 km<sup>2</sup> e 27,30 km<sup>2</sup>. Essas regiões estão predominantemente localizadas nas porções noroeste, oeste e sudoeste da cidade. Do ponto de vista pedológico, as áreas de maior declividade correspondem à presença de Argissolo Vermelho nas regiões oeste e sudoeste, enquanto Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico estão presentes na região noroeste.

Figura 4: Risco de degradação conforme a declividade.



Fonte: Autor, 2025.

Notou-se que certas regiões consideradas de alto risco de degradação em função da declividade foram, ao mesmo tempo, classificadas como de baixo risco de acordo com a cobertura vegetal. Esse comportamento está em conformidade com a realidade ambiental, pois a presença de vegetação densa pode diminuir consideravelmente os efeitos da erosão, mesmo em terrenos mais inclinados. Essa compensação entre variáveis destaca a relevância de analisar os fatores ambientais de forma integrada, o que permite uma avaliação mais precisa do nível de deterioração.

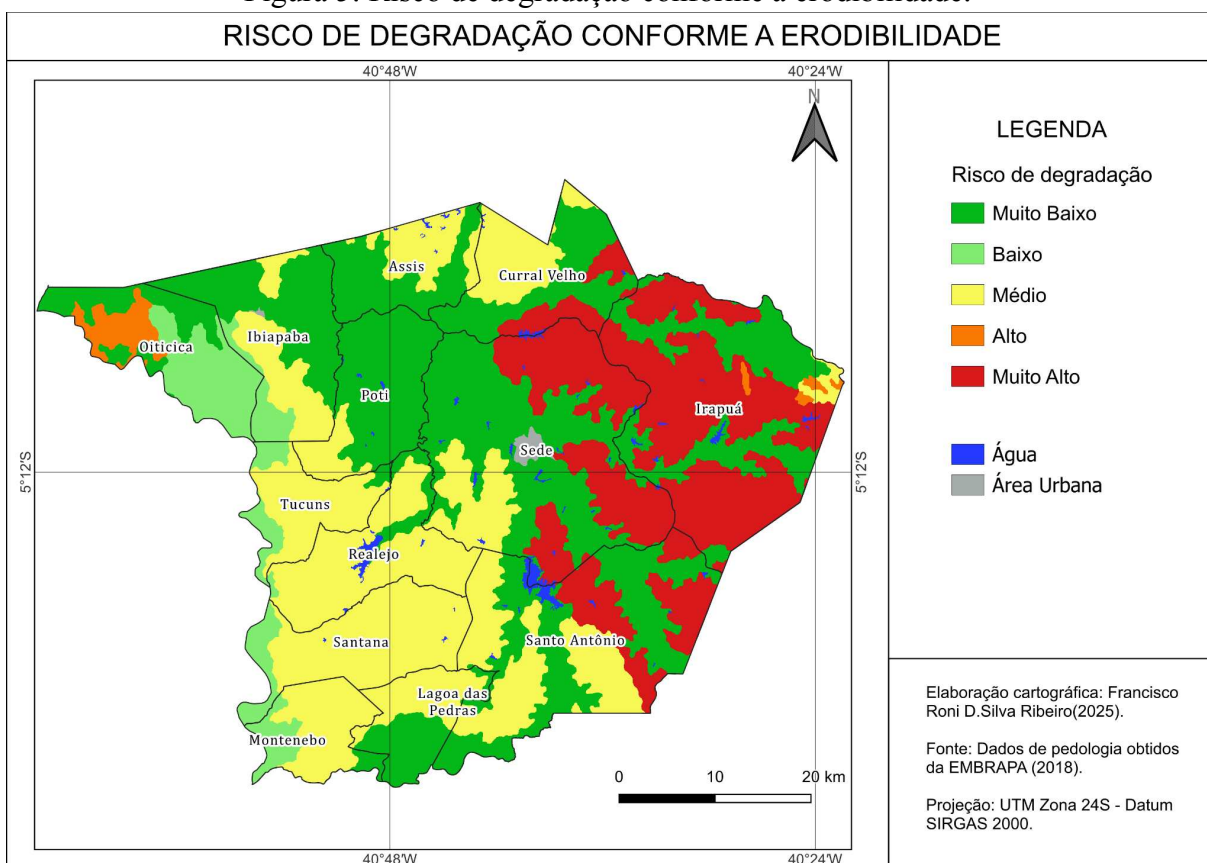
Ao comparar os dados de NDVI obtidos para o município de Crateús/CE com os fornecidos por Francisco et al. (2014) para a bacia do rio Taperoá, nota-se uma variação considerável na porcentagem de áreas com maior cobertura vegetal. Em Sumé/PB, as classes de NDVI média, alta e muito alta representaram 42,61% da área total, o que indica que menos da metade da bacia tinha vegetação de densidade moderada a alta. Por outro lado, em Crateús, essas mesmas classes ocupam 97,46% do território, sendo que a classe alta, por sua vez, representa 68,24% da área. Essa variação pode estar relacionada à existência de remanescentes vegetais em melhor estado de conservação ou a fatores sazonais durante a obtenção das imagens pelo satélite.

No que diz respeito à declividade, Crateús apresenta um relevo consideravelmente mais plano em relação ao estudo de Sumé. Enquanto somente 48,60% da área de Sumé apresenta declividades de até 6% (classes muito baixa e baixa), Crateús alcança 90,71%

nessas mesmas classes. Essa característica morfométrica sugere uma tendência significativamente menor à deterioração por processos erosivos associados ao relevo, o que contribui para a preservação dos solos no município cearense.

Como demonstrado na Tabela 6 e na Figura 5, a maior parte do município é caracterizada pelas classes muito baixa, média e muito alta. A classe muito baixa, associada aos Planossolos Háplicos Eutróficos e Neossolos Quartzarênicos Órticos, ocupa uma área de 1.141,03 km<sup>2</sup>, correspondendo a (38,27%) do total. A classe média, identificada pela presença de Argissolos Vermelhos Eutróficos, ocupa uma área de 962,04 km<sup>2</sup> (32,27%), enquanto a classe muito alta, representada pelos Luvisolos Crômicos Órticos, abrange 622,70 km<sup>2</sup> (20,87%). As classes de erodibilidade baixa e alta ocupam, respectivamente, 178,49 km<sup>2</sup> (5,99%) e 42,61 km<sup>2</sup> (1,43%). Os Latossolos Amarelos Distróficos pertencem à classe baixa, e os Neossolos Litólicos Distróficos e Eutróficos estão na classe alta.

Figura 5: Risco de degradação conforme a erodibilidade.

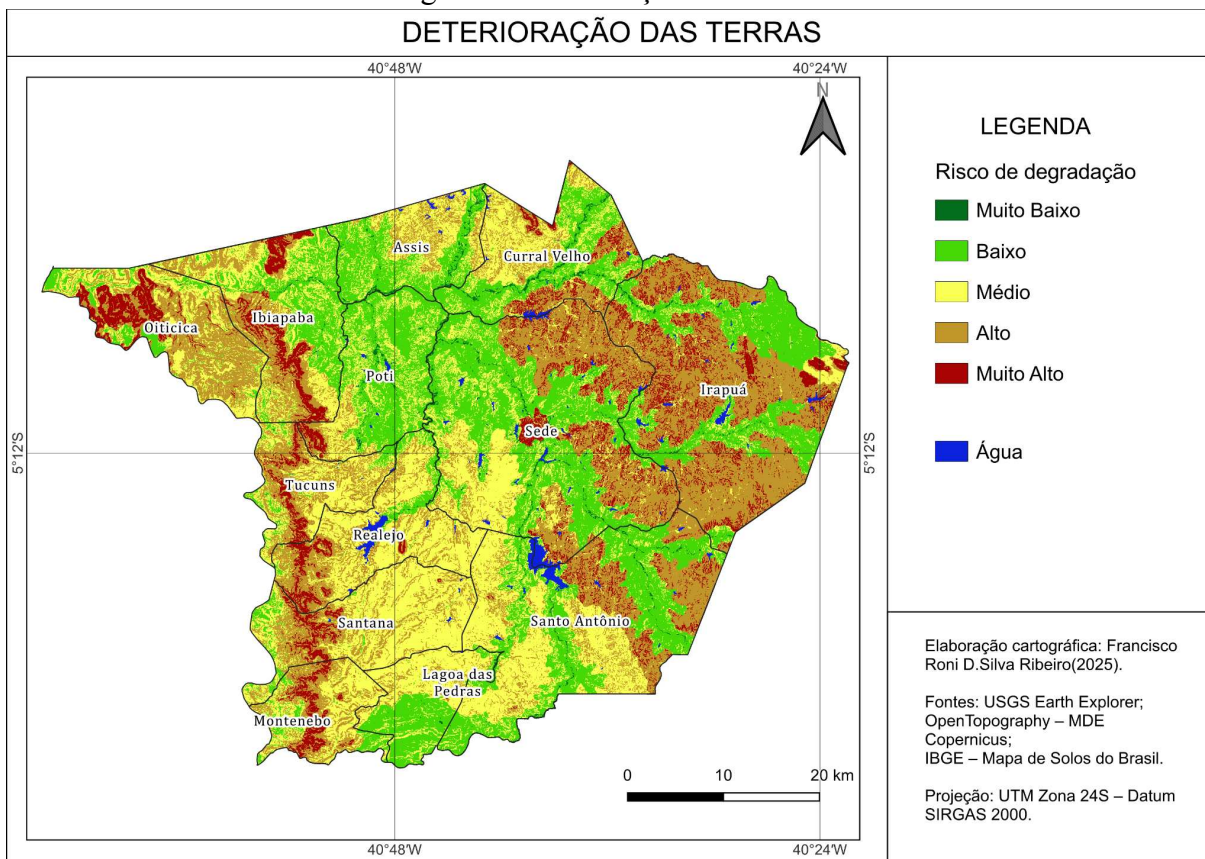


Fonte: Autor, 2025.

Conforme mostrado na tabela 6 e figura 6, o mapa de deterioração das terras resultou que a maior parte do território de Crateús está classificado nas classes média (919,83km<sup>2</sup>) e alta (915,50 km<sup>2</sup>) de deterioração, juntas elas somam 61,6% da área total do município. A classe baixa corresponde a 840,44 km<sup>2</sup>, representando 28,2%, as áreas com deterioração muito alta apresentaram 249,03 km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 8,4% do total

analisado. Foram classificados como risco muito baixo de deterioração apenas 54,57 km<sup>2</sup> o que equivale a cerca de 1,8% da área total.

Figura 6: Deterioração das terras.



Fonte: Autor, 2025.

A classe muito baixa teve uma extensão tão pequena que torna difícil estabelecer com os fatores influenciaram essa condição favorável. Já a classe baixa, concentrada principalmente nas partes centrais e leste do município, foi influenciada pela baixa erodibilidade dos Planossolos Háplicos Eutróficos e dos Neossolos Quartzarênicos Órticos.

A classe média, observada em áreas do centro-sul e sudoeste do mapa, mostra regiões onde, apesar da declividade muito baixa, a presença dos Argissolos Vermelhos Eutróficos, com erodibilidade média, combinada a níveis baixos de cobertura vegetal, contribuíram para a elevação do risco. A classe alta, que predomina no leste do município, também aparece em áreas de relevo plano de 0 a 3% de inclinação, mas foi significativamente influenciada pela presença dos Luvisolos Crômicos Órticos, que apresentam erodibilidade muito alta, ou seja, tem uma alta suscetibilidade à erosão. Além de ser uma área com cobertura vegetal escassa, classificada em alto ou muito alto risco de degradação, que aumentou ainda mais o grau de deterioração.

Por fim, a classe de deterioração muito alta, localizada principalmente na parte oeste do município, está muito associada a áreas de declividade muito elevada, o que

intensifica o escoamento superficial e a instabilidade do solo. Mesmo essa área tendo a presença de cobertura vegetal classificada como de risco muito baixo a médio, a grande influência do relevo de mais de 20% de declividade prevaleceu, aumentando o grau de deterioração nessas áreas.

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo revelou que o município de Crateús apresenta características ambientais que influenciam diretamente o risco de degradação do solo, principalmente devido à cobertura vegetal, à presença de solos suscetíveis à erosão e a áreas com declividades acentuadas. A análise combinada desses fatores permitiu uma compreensão mais ampla da complexidade dos processos erosivos que afetam a região.

A metodologia utilizada foi fundamentada no Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS), combinada com o uso do QGIS e o processamento de imagens de satélite (NDVI), modelo digital de elevação (MDE) e mapas pedológicos. Esse conjunto de procedimentos permitiu a classificação das áreas de acordo com o nível de risco, facilitando a visualização dos pontos mais vulneráveis e contribuindo para uma abordagem preventiva nas áreas do município.

Os resultados mostraram que 61,6% da área de Crateús está em risco médio a alto de degradação, especialmente nas regiões onde há combinação de vegetação escassa e solos com elevada erodibilidade, como os Luvisolos Crômicos Órticos. Se essas áreas não forem geridas de forma adequada, tendem a sofrer processos acelerados de deterioração ambiental.

A análise espacial também mostrou que, mesmo em regiões de relevo plano, o que teoricamente diminuiria o risco, a falta de cobertura vegetal adequada aumenta consideravelmente a tendência à degradação. Esse ponto enfatiza a relevância da vegetação como um componente fundamental na proteção do solo na região semiárida.

O uso do geoprocessamento como ferramenta principal do estudo possibilitou não só diminuir o tempo e os custos do diagnóstico ambiental, como também proporcionar maior precisão na identificação de áreas prioritárias para ações de recuperação e conservação. Isso evidencia o potencial dessas tecnologias como suporte técnico no desenvolvimento de políticas públicas e no planejamento territorial.

Assim, este estudo destaca a importância de investir em iniciativas locais de preservação, como reflorestamento com espécies nativas, manejo agrícola conservacionista, controle do uso do solo e monitoramento contínuo com base em ferramentas geotecnológicas. A estratégia unificada de análise dos dados ambientais provou ser fundamental para o desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis e eficientes no enfrentamento da deterioração do solo em Crateús.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se a condução de estudos específicos para a definição do fator K (erodibilidade) dos solos encontrados no município de Crateús. Neste estudo, em virtude da falta desses dados, foram empregados valores extraídos de outras fontes bibliográficas. A coleta de medições locais pode melhorar a exatidão das análises e aperfeiçoar o diagnóstico do risco de degradação das terras.

## REFERÊNCIAS

- BORGES, A. P. L. et al. Uso da geoinformação para análise da vulnerabilidade à erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Goiana. *Caderno de Geografia*, 2023.
- BRESSAN, S. B. et al. Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 2, p. 144–150, 2013.
- SILVA, J. L. B. et al. Monitoramento espaço-temporal do risco de degradação ambiental e desertificação por sensoriamento remoto em região semiárida brasileira. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 13, n. 2, p. 544-563, 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v13.2.p544-563.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Balanço – Fortaleza (CE): o total de chuva foi de 7,0 mm, valor abaixo da média climatológica. Brasília: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/balan%C3%A7o-fortaleza-ce-o-total-de-chuva-foi-de-7-0-mm-valor-abaixo-da-m%C3%A9dia-climatol%C3%B3gica>. Acesso em: 1 ago. 2025.
- FRANCISCO, P. R. M. et al. Mapeamento das terras para mecanização agrícola – Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 2, p. 233-249, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M. Modelo de mapeamento da deterioração do bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M. et al. Mapeamento da deterioração ambiental em área de vegetação de caatinga: estudo de caso no município de Sumé – PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 6, p. 1764–1781, 2014.
- FRANCISCO, P. R. M. et al. Estimativa e classificação da erodibilidade dos solos do estado da Paraíba – 1ª aproximação. *Revista GEAMA – Ciências Ambientais e Biotecnologia*, 2024.
- FREIRES, E. V. et al. Mapeamento da erosividade e erodibilidade da vertente úmida do Maciço de Uruburetama/CE e entorno como subsídio ao planejamento ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2021, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2023.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). Dados pluviométricos do município de Crateús – CE. [S.l.], 2024. Disponível em: <https://www.funceme.br>. Acesso em: 16 jul. 2025.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Crateús (CE) | Cidades e Estados. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/crateus.html>. Acesso em: 15 fev. 2025.
- IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Perfil Municipal 2017: Crateús. Fortaleza, 2017. Disponível em: [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Crateus\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Crateus_2017.pdf). Acesso em: 15 fev. 2025.

MACIEL, J. S.; SILVA, M. T. M. Mapeamento da vulnerabilidade natural aos processos erosivos na microrregião do Cariri Oriental Paraibano. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 2021.

RUBIRA, F. G. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. *Caderno de Geografia*, v. 26, n. 45, p. 134–150, 2016.

SILVA, T. J. R. D. da et al. Uso de geotecnologias na análise de vulnerabilidade do solo à erosão eólica no semiárido brasileiro. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 2021.

SOUZA, S. D. G.; SOUZA, A. C. N.; SOUSA, M. L. M. A desertificação nas pesquisas de degradação ambiental no semiárido brasileiro. *Boletim de Geografia*, 2023.