

MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA E SEUS EFEITOS NA PROTEÇÃO DO SOLO EM PENDÊNCIAS/RN, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Marília Mabel Lopes Morais ¹
Alfredo Marcelo Grigio ²
Marco Antonio Diodato ³
Weslley Misael Bezerra Damasio ⁴

RESUMO

Este estudo tem como objetivo realizar uma análise temporal do uso da terra e da cobertura vegetal empregados aos graus de proteção do solo no município de Pendências/RN, nos anos de 2001 e 2021. Se fez uso da análise multitemporal da cobertura da terra, e do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). Diante disso, a análise dos dados revelou que em relação às formas de uso e cobertura da terra no ano de 2001, as classes de vegetação de caatinga e solo exposto abrangiam uma área de 303,8 km² (72,41%) e 67,25 km² (16,06%), respectivamente. Já no ano de 2021, a classe vegetação de caatinga ocupou 265,8 km² (63,4%), enquanto a de solo exposto aumentou para 120,34 km² (28,7%). Portanto, a pesquisa alcançou com sucesso os objetivos traçados e forneceu uma descrição detalhada dos desafios socioambientais presentes na área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto; Paisagem; SAVI.

CHANGES IN LAND USE AND LAND COVER AND THEIR EFFECTS ON SOIL PROTECTION IN PENDÊNCIAS/RN, BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

ABSTRACT

This study aims to perform a temporal analysis of land use and vegetation cover employed in soil protection degrees in the municipality of Pendências/RN, in the years 2001 and 2021. Multitemporal analysis of land cover and Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) were used. Consequently, data analysis revealed that concerning land use and cover types in 2001, the classes of caatinga vegetation and exposed soil covered an area of 303.8 km² (72.41%) and 67.25 km² (16.06%), respectively. However, in 2021, the caatinga vegetation class occupied 265.8 km² (63.4%), while the exposed soil class increased to 120.34 km² (28.7%). Therefore, the research successfully achieved its objectives and provided a detailed description of the socio-environmental challenges present in the study area.

KEYWORDS: Remote Sensing; Landscape; SAVI.

CAMBIOS EN EL USO Y COBERTURA DEL SUELO Y SUS EFECTOS SOBRE LA PROTECCIÓN DEL SUELO EN PENDÊNCIAS/RN, REGIÓN SEMIÁRIDA BRASILEÑA

¹ MESTRA; PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA/PPGEO-UERN, mariliamabel@hotmail.com

² DOUTOR; DEPARTAMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL/UERN, alfredogrigio@uern.br

³ DOUTOR; DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS/UFERSA, diodato@ufersa.edu.br

⁴ MESTRE; PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA/PPGEO- UERN, wesllemisael@gmail.com

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo realizar un análisis temporal del uso del suelo y la cobertura vegetal empleados en los grados de protección del suelo en el municipio de Pendências/RN, en los años 2001 y 2021. Se utilizó un análisis multitemporal de la cobertura del suelo y del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI). Como resultado, el análisis de los datos reveló que en relación con las formas de uso y cobertura del suelo en el año 2001, las clases de vegetación de caatinga y suelo expuesto abarcaban un área de 303.8 km² (72.41%) y 67.25 km² (16.06%), respectivamente. Sin embargo, en el año 2021, la clase de vegetación de caatinga ocupaba 265.8 km² (63.4%), mientras que la de suelo expuesto aumentó a 120.34 km² (28.7%). Por lo tanto, la investigación logró alcanzar con éxito sus objetivos y proporcionó una descripción detallada de los desafíos socioambientales presentes en el área de estudio.

PALABRAS CLAVE: Sensing Remoto; Paisaje; SAVI.

INTRODUÇÃO

Atualmente, há muita discussão sobre as mudanças ambientais associadas ao processo de degradação do meio ambiente a partir das ações humanas. Dessa maneira, compreende-se que essas mudanças ocorrem a partir de diversos fenômenos, principalmente de práticas que não promovem o desenvolvimento sustentável.

Além disso, o processo de urbanização e os impactos ambientais traz um aumento dos riscos e perigos ambientais que muitas vezes estão associados à ocorrência de fenômenos como enchentes e inundações, sendo um dos fatores predominante a impermeabilidade do solo e as formas de uso e ocupação nas proximidades dos rios (CASTRO, LEAL, 2023; SILVA, ROBERTO, ALMEIDA, 2023; AMARAL, GUTJAHR, 2015).

Nesse viés, constata-se que com o desenvolvimento acelerado das cidades, aliado à falta de planejamento, acarreta mudanças profundas na qualidade do ambiente, de modo que vem contribuindo para o crescimento dos impactos ambientais (ARAÚJO et al., 2021; SILVA, ROBERTO, ALMEIDA, 2023). Onde se sabe que, quaisquer alterações ocorridas nos componentes naturais (formas de relevo, solo, clima, vegetação e recursos hídricos) podem causar desequilíbrios e prejudicar o funcionamento do sistema, levando o meio a um estado de desequilíbrio em sua dinâmica (SOUZA et al., 2020). Dessa forma, torna-se importante compreender as modificações das paisagens por meio da observação e análise do uso e cobertura da terra.

Nessa perspectiva, o mapeamento das formas de uso e cobertura da terra na atualidade vem se tornando uma prática cada vez mais utilizada em diversos estudos socioambientais, onde

dentre as contribuições dessa prática cita-se a compreensão das mudanças do meio natural atreladas às ações antrópicas, assim como, perceber também os aspectos como a perda dos solos, além da possibilidade de realizar um monitoramento de áreas consideradas de riscos.

Diante do exposto, o mapeamento do uso e cobertura da terra vem sendo muito utilizado com o intuito de garantir a sustentabilidade socioecológica diante dos problemas ambientais, sociais e econômicos a ele associados (IBGE, 2013). Com isso, percebe-se que a sustentabilidade se dá a partir do planejamento de políticas públicas, que possam de maneira eficiente conciliar o desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

Dessa forma, se torna essencial que haja o planejamento ambiental que vise diagnosticar o meio e prever ações para uniformizar seu uso com base em linhas éticas de desenvolvimento. De modo que o planejamento territorial ambiental se torna crucial para a análise das potencialidades e fragilidades inerentes aos recursos naturais e ao desenvolvimento da sociedade (VIEIRA et al., 2021; SALLES, 2013).

É importante enfatizar que o uso do geoprocessamento neste tipo de análise pode ser uma ferramenta importante na geração de produtos cartográficos que podem auxiliar na análise de espaços específicos (SOUSA et al., 2016). Dessa maneira, a análise socioambiental combina múltiplos estudos de diferentes áreas do conhecimento com o intuito de compreender o comportamento, a interferência e a dinâmica socioambiental em um determinado espaço (SILVA, 2020).

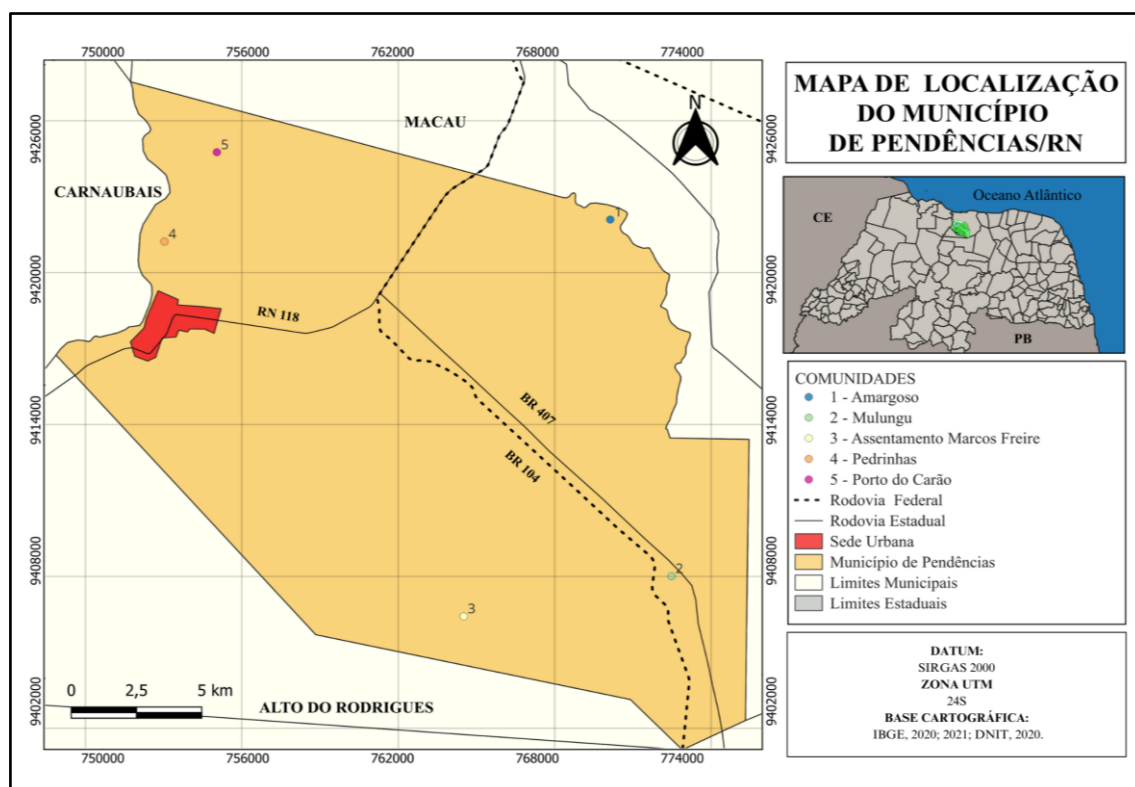
Desse modo, este estudo em sua essência visa responder à seguinte indagação: De que maneira, as formas de uso e cobertura da Terra contribuem para as modificações das paisagens no Município de Pendências, localizado no Estado do Rio Grande do Norte. Ademais, este trabalho tem como objetivo geral identificar e diferenciar os tipos de Uso e Cobertura da Terra dos anos de 2001 e 2021, com o intuito de realizar uma análise comparativa dentro deste recorte temporal, percebendo as possíveis modificações ocorridas, assim como, identificar os graus de proteção dos solos empregados a partir dos tipos de Cobertura Vegetal por meio da aplicação do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI).

ÁREA DE ESTUDO

O Município de Pendências/RN (Figura 1) localiza-se na Região Imediata do Açu, inserido na Região Intermediária de Mossoró, no Estado do Rio Grande do Norte, com uma distância de 203 km da capital do Estado, Natal, e apresenta uma área territorial de 419.137 km² (CPRM, 2005; IBGE, 2010; 2022).

Conforme o último censo realizado pelo IBGE (2022), o município apresentava uma população absoluta de 12.273 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de 29,29 habitantes por km². No que diz respeito ao seu Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), o município demonstra um nível de desenvolvimento moderado, com pontuação de 0,631. Essa classificação leva em consideração três dimensões principais: longevidade, escolaridade e renda da população (PNUD, 2013)

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Pendências/RN



Fonte: IBGE, (2020; 2021); DNIT, (2020). Elaborado pelos autores (2023).

Em relação aos seus aspectos físicos naturais, o município está totalmente inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, na Unidade de Planejamento Hídrico (UPH) Bacias Difusas do Baixo Açu, assim, a área em estudo tem como rio principal,

o Piranhas Açú possuindo como principais afluentes os rios Amargoso e Mulungu, os riachos Curralinho, Leandro, Pedra de Fogo, da Quixabeira e da Oiticica, assim como, os corpos de acumulação os açudes Mulungu e as lagoas dos Medeiros, da Aroeira, do Saco e do Queimado (CPRM, 2005; IDEMA, 2008; ANA, 2016).

O município possui clima semiárido, caracterizado como quente e seco, com precipitação normal de 603,4 mm/ano e período chuvoso de fevereiro a abril. Sua vegetação é a caatinga, sendo característica da região Nordeste do Brasil, onde na área em estudo predominam dois tipos: caatinga densa e rala. A vegetação de Caatinga densa, por sua vez, apresenta como principais características arbustos ramificados compostos por emaranhados de 2 a 3 m de altura, sendo presente neste tipo de vegetação, bromélias no solo e cactos. Já Caatinga Rala se caracteriza como arbustos mais isolados e apresentam altura de 2 metros, com pouca presença de árvores esparsas e cactáceas (CPRM, 2005; IDEMA, 2008; ARAÚJO, 2019).

Geologicamente, o município está situado na Bacia Potiguar composta por uma geologia sedimentar composta por arenitos, argilitos, siltitos, folhelhos e dentre outros que possibilita a presença das seguintes unidades Geomorfológicas: os Tabuleiros Costeiros, Planícies Fluviais e Planícies Marinhas (SGB/CPRM, 2021).

DADOS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, fez-se necessário dividi-la em 4 etapas que consistiram em: 1) Levantamento Bibliográfico; 2) Aquisição das imagens de satélite e Processamento Digital de Imagens; 3) Campo; 4) Confecção Cartográfica.

Na **primeira etapa** realizou um levantamento de toda parte literária com o intuito de responder questões sobre o tema em análise, para isso buscou-se utilizar como base livros, artigos, dissertações, teses que fossem relevantes aos temas explorados nesta pesquisa.

Na **segunda etapa** foram adquiridas as imagens dos satélites do Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI (Tabela 1) obtidas no site “*Earth Explorer*” (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) da *United States Geological Survey* (USGS), Serviço Geológico dos Estados Unidos, em tradução livre.

Tabela 1- Imagens de Satélites utilizadas para os mapas de Uso e Cobertura da Terra e SAVI

Satélites	Órbita/ Ponto	Data	Resolução Especial	Bandas Utilizadas	Composições
Landsat 7	215/64	27/08/2001	30 m	5,4,3	Falsa Cor
Landsat 8	215/64	29/10/2021		6,5,4	

Fonte: USGS, 2023. Elaborado pelos autores, 2023.

Após a aquisição das imagens, elas foram trabalhadas em ambiente SIG, utilizando o *software* de código aberto QGIS⁵ versão 3.18 “Zürich” (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2021), onde passaram por correções atmosférica e radiometria, reprojetadas para o DATUM SIRGAS2000 e ao Sistema de Referência de Coordenadas (SRC), zona UTM, 24S.

Por fim, para um melhor desempenho na análise dos dados, realizou-se a composição colorida das imagens por meio do complemento SCP (*Supervised Classification Plugin*), na ferramenta RGB utilizando as bandas apresentadas na tabela 1.

Assim, dada a relevância que o estudo em campo desempenha em um trabalho científico, na **terceira etapa** desta pesquisa foram realizados estudos *in loco* para reconhecer as dinâmicas do ambiente, permitindo reconhecer os dados reais, trazendo uma melhor acurácia dos dados. Para este momento utilizou-se para os registros aéreos, uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), modelo DJJ Spark (2017) de peso modelagem 300g com autonomia de voo (+/-) 12 minutos e altura máxima de 4km, apresentando dimensões 143 x 143 x 55 mm, sensor 1/2,3” CMOS *pixels* efetivos de 12 MP.

Na **quarta etapa** se deu a confecção de toda a cartografia desta pesquisa. Desse modo, para a confecção dos mapas de Uso e Cobertura da Terra foram utilizadas as imagens dos satélites Landsat 7 e 8 (Tabela 1), com o intuito de identificar as formas de uso e cobertura da terra na área em estudo nos anos de 2001 e 2021.

Para tanto, foi aplicado o método de classificação digital supervisionada através do complemento *Supervised Classification Plugin (SCP)*, elaborado por Congedo (2023). Por meio dessa classificação, foram aplicadas as categorias de uso e cobertura da terra, tendo como base o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013), sendo adaptada para a realidade da

⁵ O referido software está disponível no link: (https://QGIS.org/pt_BR/site/forusers/download.html).

área estudada. Por fim, cada categoria foi identificada mediante uma paleta de cores (Quadro 1) a partir das tipologias identificadas no Município de Pendências/RN, nos anos trabalhados.

Vale ressaltar, que a análise da classificação do uso e cobertura da terra foi conduzida de maneira global, levando em conta a coerência espacial das classes mapeadas, a comparação com observações obtidas em trabalhos de campo e o suporte de imagens de alta resolução disponíveis em plataformas de visualização orbital. Esse procedimento permitiu verificar a correspondência entre as classes atribuídas e as características observadas na área de estudo, garantindo a consistência temática dos mapas produzidos. Ressalta-se que a aplicação de métricas estatísticas, como o índice Kappa, requer a utilização de amostras de referência independentes e plenamente compatíveis, condição que nem sempre é atendida em estudos em escala municipal, razão pela qual optou-se por uma avaliação integrada e qualitativa, abordagem amplamente empregada em pesquisas de mapeamento ambiental (FOODY, 2002; JENSEN, 2009)

Quadro 1- Tipologias utilizadas para os Tipos de Uso e Cobertura da Terra do Município de Pendências/RN

Classes Nível 1		Classes Nível 2	RGB
Áreas Antrópicas Não Agrícolas		Área Urbanizada	R = 255 G = 168 B = 192
Área Antrópicas Agrícolas		Cultura Temporária	R = 255 G = 255 B = 0
		Pastagem	R = 205 G = 137 B = 0
		Aquicultura	R = 107 G = 40 B = 161
Áreas de Vegetação Natural		Vegetação de Caatinga	R = 115 G = 168 B = 0
Água		Corpos D'Água	R = 153 G = 194 B = 230
Outras Áreas		Solo Exposto	R = 178 G = 178 B = 178

Fonte: Adaptado do IBGE, 2013.

Assim, para uma melhor análise do uso e cobertura da terra fez-se necessário trazer dados a respeito dos graus de proteção do solo empregados aos tipos de cobertura vegetal, aplicando o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) o qual é uma importante ferramenta que auxilia na interpretação das formas de uso e cobertura da terra.

Para confecção dos mapas de cobertura vegetal realizaram-se os seguintes procedimentos: utilização das imagens dos sensores ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) Satélite Landsat-7 e OLI (*Operational Land Imager*) do Landsat-8 especificadas na tabela 1. Escolhendo o segundo semestre dos anos de 2001 e 2021.

Na etapa seguinte, aplicou-se o índice proposto por Huete (1988) Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). A aplicação do índice deu-se, conforme a seguinte fórmula:

$$\text{SAVI} = (1+L) (piv - pv) / (L + piv + pv) \quad \text{(EQUAÇÃO 1)}$$

Onde:

L: constante, cujo valor mais frequentemente usado é 0,5

piv e pv: correspondem, respectivamente, às bandas do infravermelho próximo e do vermelho e L.

Por fim, para o parâmetro dos graus de proteção dos solos em função dos tipos de cobertura vegetal, adotou-se as classes e os valores definidos por Ross (1994), realizando uma adaptação para a área em estudo conforme especifica a Tabela 2.

Tabela 2 - Graus de proteção do solo empregados aos tipos de Cobertura Vegetal

Tipos de Cobertura Vegetal	Pesos	Graus de Proteção
Formação de Caatinga Densas	1	Muito Alta
Formação de Caatinga Rala	2	Alta
Agropecuária/ Culturas de ciclo curto	3	Média
Áreas desmatadas e solo exposto.	5	Muito Baixa

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos para o município de Pendências foram analisados por meio de uma série temporal nos anos de 2001 e 2021 (intervalo de 20 anos), o que possibilitou compreender a dinâmica territorial do município, evidenciando as possíveis mudanças ocorridas em suas formas de Uso e Cobertura da Terra, assim como, sendo possível perceber os graus de proteção

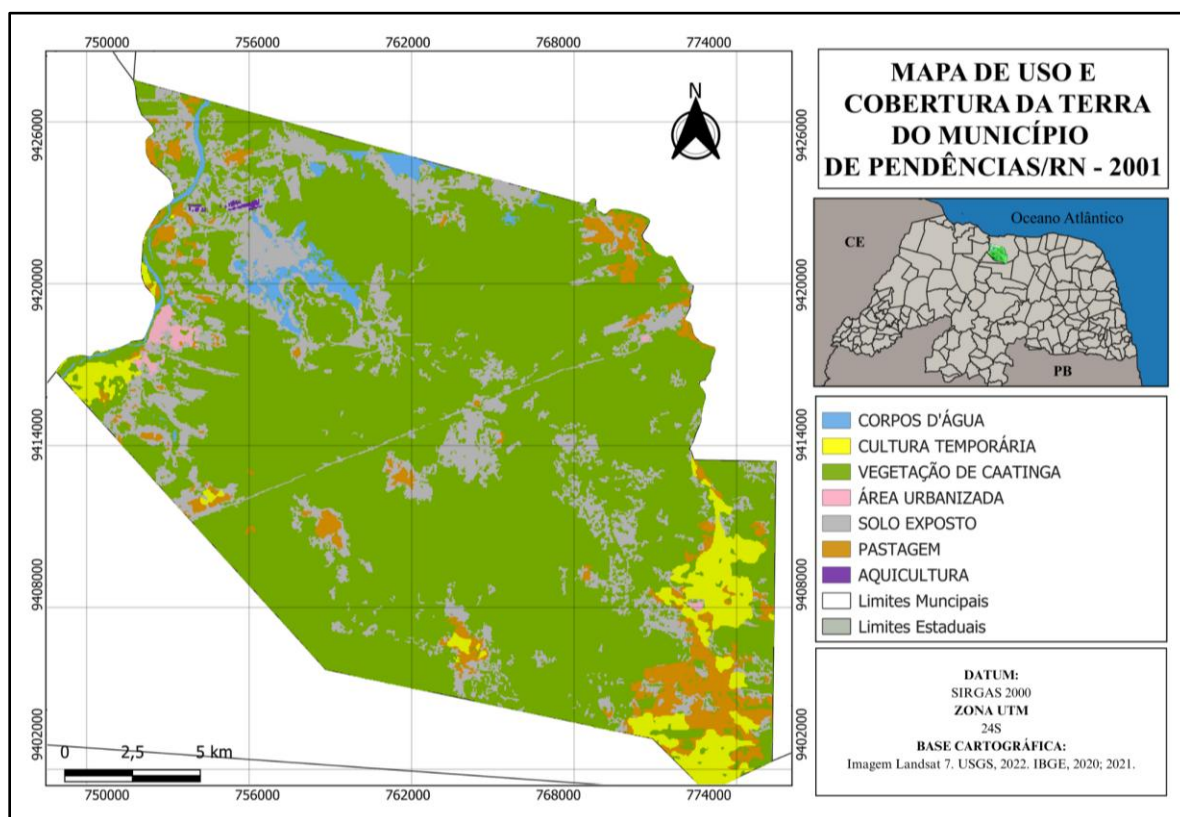
dos solos empregados aos tipos de Cobertura Vegetal por meio da aplicação do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI).

Assim, compreende-se que o mapeamento das formas de Uso e Cobertura da Terra é um processo importante, necessário e contínuo, uma vez que as superfícies terrestres são continuamente territorializadas, desterritorializadas e reterritorializadas pelo capital hegemônico, pelo poder local e, em menor proporção, pelas comunidades tradicionais (SANTOS; NUNES, 2021). Ademais, este tipo de análise temporal permite perceber as principais transformações evidenciadas nas paisagens, assim como, entender como está sendo utilizado o solo por meio da compreensão das dinâmicas e tendências de ocupação territorial.

A Figura 2, demonstra o ano de 2001, onde se identifica a presença de 7 tipologias de Uso e Cobertura da Terra, assim, realizando uma análise dos dados, observa-se que o município de Pendências/RN abrange uma área de 419.137 km², que levando em consideração sua extensão territorial, duas destas tipologias se destacaram pela sua expressividade neste primeiro ano analisado, sendo a classe Vegetação de Caatinga ocupando uma área de 303,8 km² (72,41%) e a classe Solo Exposto compreendendo uma área de 67,25 km² (16,06%).

No mesmo ano, a área ocupada pelas tipologias Pastagem e Cultura Temporária foi de 5,82% e 4,11% respectivamente, proporção menor se comparada às categorias citadas anteriormente. Para tanto, fica evidente que o mau manejo e a baixa disponibilidade de nutrientes do solo contribuem para a baixa produtividade das pastagens, resultando na exposição do solo em sua perda por erosão (ALVES, 2011).

Figura 2: Mapa de Uso e Cobertura da Terra do Município de Pendências/RN - 2001



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Ainda de acordo com dados extraídos percebe-se também que as classes Aquicultura, Área Urbanizada e Corpo D'Águas apresentavam neste ano áreas bastantes reduzidas (Tabela 2). Sendo assim, é importante enfatizar que por meio do papel do homem, os espaços naturais são transformados e a paisagem é ajustada de acordo com as necessidades das atividades humanas. Essas transformações muitas vezes se apresentam de forma negativa, ocorrendo devido ao desenvolvimento de atividades econômicas de grande a pequeno porte, onde os espaços acabam sendo utilizados de acordo com as necessidades e disponibilidade dos recursos naturais (SILVA, 2020).

Tabela 2 - Quantitativo aproximado das Classes de Uso e Cobertura da Terra ano de 2001

Classes	Área (km ²)	Área em Percentual (%)
Área Urbanizada	1,93 km ²	0,46%
Vegetação de Caatinga	303,8 km ²	72,41%
Corpos d'Água	7,4 km ²	1,76%
Solo Exposto	67,25 km ²	16,03%
Pastagem	21,44 km ²	5,82%
Aquicultura	0,36 km ²	0,08%
Cultura Temporária	17,28 km ²	4,11%

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Diante disso, fica evidente que para o ano de 2001 as classes predominantes no território eram Vegetação de Caatinga e Solo Exposto, sendo notadamente o segundo identificado em áreas próximas aos corpos hídricos, assim como também em proximidade às áreas urbanizadas.

Em vista disso, essas áreas foram sendo modificadas por meio de um processo de retirada de sua vegetação nativa, sendo uma consequência da expansão urbana, que, por outro lado, tem se dado de forma indevida no território, tendo seu crescimento em direção à margem direita do Rio Piranhas Açu, ficando claro que parte da sede urbana do município de Pendências/RN fica situada em áreas consideradas de riscos que de acordo com Veyret e Richemond (2007, p. 25) o termo risco “designa, ao mesmo tempo, tanto um perigo potencial quanto sua percepção percebida [...] na qual cujos efeitos podem ser sentidos”. Sendo assim, essas áreas são propícias a eventuais inundações no período de cheias (Figura 3).

Em suma, é relevante elencar que o município de Pendências/RN apresenta em seu contexto histórico eventos de inundações que de acordo com Silva, Grigio e Pessoa (2017) as inundações são fatores naturais com propriedades hidrometeorológicas que podem trazer consequências significativas para a sociedade. Assim, no território estudado esse fenômeno se dá especialmente no curso superior do Rio Piranhas-Açu, sendo registrado nos anos de 2008 e 2009 como uma das maiores cheias vivenciadas na região como mostra a figura 3.

Diante desse fato, Frutuoso (2020, p. 121) em seus estudos evidencia que na região do Vale do Açu “as chuvas com alta intensidade e curta duração produzem problemas ainda mais graves quando associadas ao uso e à ocupação do solo urbano, em razão dos aglomerados urbanos com maior taxa de impermeabilização do solo e alta densidade populacional” Assim, ainda cita que o aproveitamento indevido dos solos urbanos se deve principalmente ao fato de parte da área estar situado em locais distantes dos sistemas de drenagem, enquanto outros

localizam-se nas proximidades ou até mesmo no trajeto do canal principal do Rio Piranhas-Açu.

Figura 3 - Áreas de riscos no Município de Pendências/RN



Fonte: Moura, 2008.

Ainda ao observar a Figura 3, outro fator que merece atenção são as margens adjacentes ao Rio Piranhas-Açu, sendo notável que essas áreas já apresentavam processos de retiradas de sua vegetação nativa, sendo relevante frisar que essas áreas conforme o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), são chamadas de Áreas de Preservação Permanentes (APP), onde cujo objetivo é garantir a preservação da paisagem e seus elementos naturais como hidrografia, solos, vegetação, biodiversidade, dentre outros (BRASIL, 2012).

Ao realizar a análise para o ano de 2021, em relação às formas de Uso e Cobertura da Terra (Figura 4), os dados mostram que as tipologias com maiores expressividades eram Vegetação de Caatinga e áreas compostas por Solo Exposto conforme expressa a Tabela 3.

Tabela 3 - Quantitativo aproximado das Classes de Uso e Cobertura da Terra para o ano de 2021

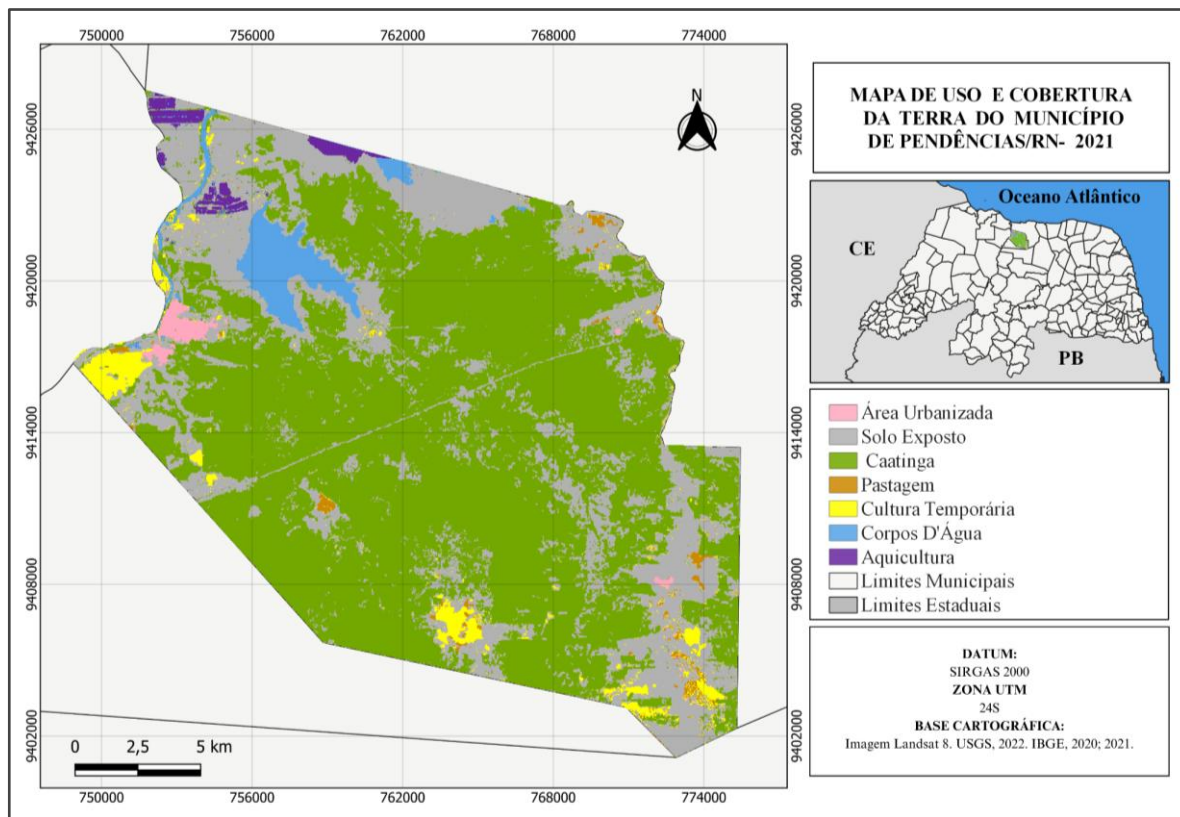
Classes	Área (km ²)	Área em percentual (%)
Área Urbanizada	3,09 km ²	0,73%
Aquicultura	4,14 km ²	0,98%
Culturas Temporária	10,92 km ²	2,6%
Pastagens	3,29 km ²	0,78%
Vegetação de Caatinga	265,8 km ²	63,4%
Corpos d'Água	12,5 km ²	3,0%
Solo Exposto	120,34 km ²	28,7%

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Já as áreas compostas por Corpos d'Água e Cultura Temporária (Figura 4) apresentavam extensões de 12,5 km² (3,0%) e 10,92 km² (2,6%) respectivamente. E já em menores dimensões

apresentaram-se as tipologias Aquicultura com 4,14 km² (0,98%), Pastagens com 3,29 km² (0,78%) e Áreas Urbanizadas com 3,09 km² (0,73%).

Figura 4 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra do Município de Pendências/RN ano de 2021



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

No mesmo ano em análise, constata-se que a classe Área Urbanizada (Figura 5), apresentou um crescimento em relação à área total do território dentro deste intervalo de 20 anos (anos de 2001 e 2021). Isso representou um acréscimo de 1,07 km² na área urbanizada. Diante disso, fica claro que o planejamento urbano é crucial para as cidades, independentemente do seu tamanho, percebendo que o planejamento urbano precisa ser desenhado de acordo com as condições reais e específicas para cada cidade, considerando as transformações ao longo do tempo (GROTH et al., 2015).

Figura 5 - Imagem aérea da sede urbana do município de Pendências/RN



Fonte: Autores, 2023.

Os dados obtidos, ainda demonstram que no ano de 2021 houve uma redução significativa em áreas de Vegetação de Caatinga, Aquicultura e Cultura Temporária, enquanto observa-se também um aumento considerável em áreas de Solo Exposto sendo possível constatar que esse fato se deu por meio de um processo de desflorestamento dessas áreas, sendo um importante indicador de mudanças no modo de uso da terra, notando a necessidade de aplicar medidas que conservem e realizem o manejo sustentável dessas áreas.

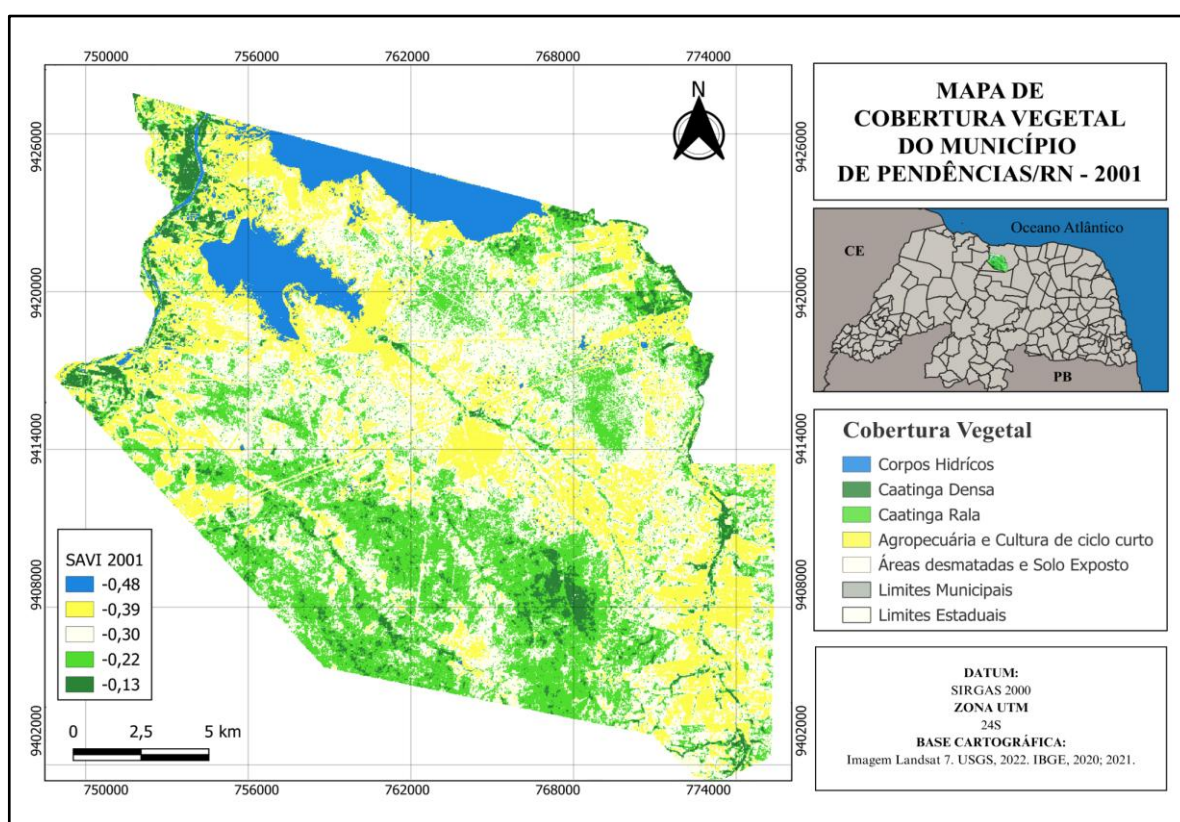
Embora a análise dos dados de cobertura vegetal indique uma redução percentual das áreas classificadas como solo exposto entre os anos de 2001 e 2021, observa-se que essas áreas permanecem concentradas em setores ambientalmente sensíveis do território, como margens fluviais, áreas próximas aos corpos hídricos e zonas anteriormente ocupadas por atividades agropecuárias. Dessa forma, a análise espacial revela que, mais do que a variação percentual, a localização dessas áreas representa um fator crítico para a dinâmica ambiental e para o aumento da vulnerabilidade dos solos, especialmente em um contexto semiárido.

Em conformidade a isso, Pimenta (2020) nos alerta que o principal problema ambiental é o desmatamento, que vem contribuindo significativamente para o esgotamento nutricional

dos solos, lixiviação, ravinas, salinização, compactação dentre outros fatores. Neste contexto é preciso ressaltar a capacidade protetora que a vegetação desempenha no solo, estando diretamente relacionada ao seu tamanho, percebendo que quanto maior for a área de vegetação, maior será o efeito protetor do solo. Por isso, Brito Macêdo (2021), enfatiza que é crucial proteger a vegetação para evitar a erosão do solo e assim também proteger a biodiversidade.

Por isso na área em estudo a aplicação do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) permitiu uma melhor visualização do desempenho espectral da vegetação em relação ao solo, possibilitando a observação de sua dinâmica nos anos de 2001 e 2021 (Figura 6 e 7).

Figura 6 - Mapa de Cobertura Vegetal do Município de Pendências/RN - 2001



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

De acordo com os dados SAVI percebe-se uma variação de valores nos anos estudados (2001-2021), entendendo que no primeiro ano os valores variaram de -0,13 a -0,48 e no segundo ano de 0,09 a 0,52. É válido destacar que os valores ideais de L são: 1 para baixas densidades, 0,5 para densidades intermediárias de vegetação e 0,25 para altas densidades de vegetação

(HUETE, 1998). A tabela 4, apresenta os tipos de cobertura vegetal e os valores SAVI nos anos analisados.

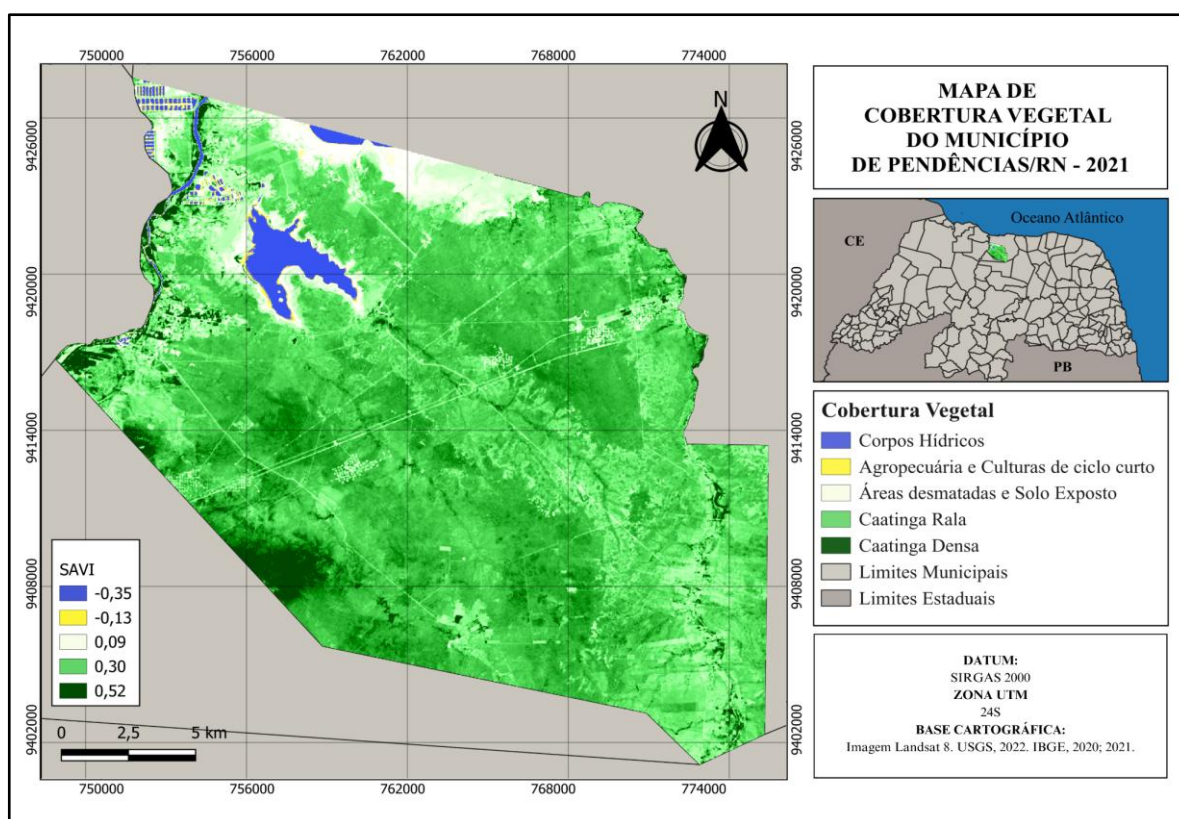
Tabela 4 - Cobertura Vegetal e valores SAVI anos de 2001 e 2021.

Tipos de Cobertura Vegetal	Valores SAVI 2001	Valores SAVI 2021
Formação de Caatinga Densas	-0,13	0,52
Formação de Caatinga Rala	-0,22	0,30
Agropecuária/ Culturas de ciclo curto	-0,39	-0,13
Áreas desmatadas e solo exposto.	-0,30	0,09

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Diante disso, ao analisar os dados é possível identificar que em relação a tipologia Caatinga Densa era composta por uma área de 20,6 km² (4,91%) no primeiro ano analisado e no segundo ano, uma área de 15,4 km² (3,67%), o que apresentou uma redução de sua área no segundo ano analisado, sendo essa classe denominada com grau de proteção do solo **muito alto**.

Figura 7 - Mapa de Cobertura Vegetal do Município de Pendências/RN - 2021

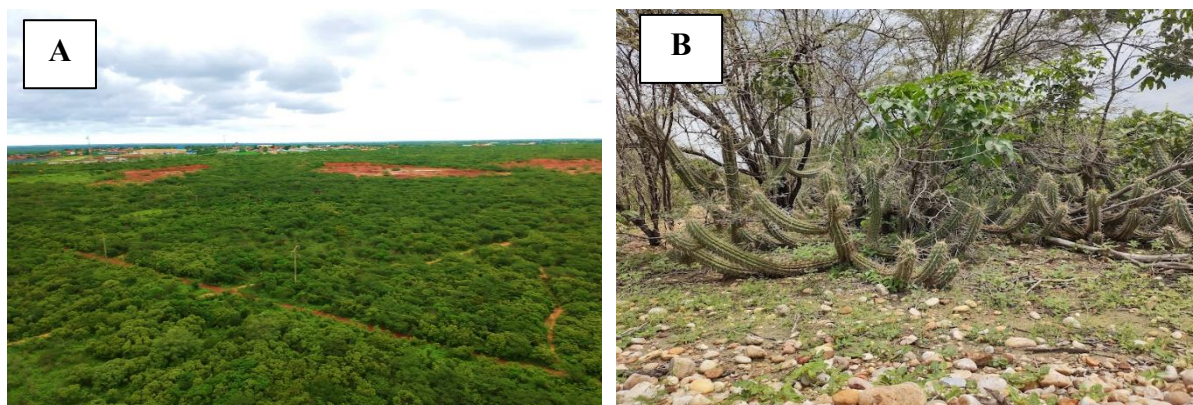


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Assim, a cobertura denominada por Caatinga Rala, no ano de 2001 apresentou uma área de 113,3 km² (27,02%) da área total do município. Já no ano de 2021, tornou-se a principal forma de cobertura vegetal com predominância de uma área de 320,6 km² com aproximadamente 76,49%, da área total do município o que representou um aumento significativo dessa área, que quando empregadas ao solo apresenta um grau de proteção **alta** (Figura 9)

Figura 9 – Tipos de Cobertura Vegetal no município de Pendências/RN

(A) Vegetação de Caatinga Densa (B) Caatinga Rala



Fonte: Autores, 2023.

Já áreas com a presença de atividades de Agropecuárias e Culturas de ciclo curto apresentaram um percentual de 22,20% no ano de 2001 e 3,50% no ano de 2021 apresentando uma redução de sua área. Para esta tipologia, o grau de proteção do solo é **médio**. Assim, as expressivas reduções dessas áreas podem ser explicadas por um conjunto de fatores ambientais, econômicos e produtivos característicos do semiárido brasileiro, entre os principais fatores destacam-se a irregularidade pluviométrica, com longos períodos de seca, a baixa fertilidade natural dos solos que comprometem a produtividade agrícola e dificultam a manutenção de sistemas produtivos tradicionais. Além disso, práticas inadequadas de manejo do solo e o esgotamento de nutrientes contribuem para o abandono dessas áreas ou sua conversão em superfícies de solo exposto, refletindo mudanças significativas no modo de uso da terra no município de Pendências/RN.

Vale enfatizar que atividades como agricultura e pecuária causam impactos no espaço físico em decorrência da abertura de áreas para a introdução e manutenção desses sistemas produtivos, o que vem favorecendo a conversão de áreas de vegetação natural em áreas de atividades antrópicas. Esses fatores de degradação podem levar, ainda, à ocorrência de

processos erosivos, mudanças na dinâmica climática em nível local e regional, processos de desertificação (por ser uma região suscetível), entre outros problemas (CAETANO et al., 2022).

Ainda ao analisar os dados é possível identificar que no primeiro ano, a cobertura vegetal na área estudada era dominada por Áreas Desmatadas e Solo Exposto, representando aproximadamente 162,6 km² (38,77%) da cobertura total. No segundo ano em análise, ao considerar os graus de proteção do solo empregados aos tipos de cobertura vegetal existentes no município de Pendências é possível notar que em 2021 as áreas desmatadas e solo exposto representou 60,1 km² (14,34%) da área total, um percentual menor se comparado ao ano anterior, sendo que para este tipo de cobertura tal grau de proteção é considerado **muito baixo**.

Bandeira e Cruz (2021) demonstram em seus estudos que a quantidade de áreas com solo exposto e a atividade da vegetação variam conforme as diferentes formas de uso da terra. Nesse sentido, políticas ambientais podem ser implementadas com o objetivo de fiscalizar e reduzir esses espaços desprovidos de vegetação. Além disso, esses dados fornecem subsídios para um planejamento ambiental mais eficaz por meio da análise da cobertura vegetal.

Já os estudos de Sousa et al (2023) corroboram a influência da precipitação nos índices de vegetação durante os períodos secos e chuvosos na região de Caatinga. Esses autores destacam a importância de considerar as variações na vegetação, solo exposto e outros elementos do ambiente em suas análises. E ainda acrescentam que conforme os resultados obtidos, destaca-se o uso do SAVI em regiões de bioma Caatinga para períodos secos, pois, com o uso da constante de ajuste, o SAVI reduz os efeitos da refletância do solo. Entretanto, em períodos chuvosos, o SAVI pode avaliar mal os valores dos índices.

Na tabela 5, são apresentados os quantitativos da cobertura vegetal e seu grau de proteção em relação ao solo dentro do município de Pendências/RN nos anos analisados (2001-2021).

Tabela 5- Quantitativo aproximado das classes de cobertura vegetal e seu grau de proteção ao solo nos anos de 2001 e 2021

Cobertura Vegetal (2001)	Área (Km ²)	Área (%)	Cobertura Vegetal (2021)	Área (Km ²)	Área (%)	Graus de Proteção do solo
Caatinga Densa	20,6	4,91%	Caatinga Densa	15,4	3,67%	Muito Alta
Caatinga Rala	113,3	27,02%	Caatinga Rala	320,6	76,49%	Alta
Agropecuária e Cultura de ciclo curto	93,1	22,20%	Agropecuária e Cultura de ciclo curto	14,7	3,50%	Média
Área desmatada e solo exposto	162,6	38,77%	Área desmatada e solo exposto	60,1	14,34%	Muito Baixa

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Portanto, os dados analisados destacam a urgência de um planejamento mais abrangente que incorporem políticas eficazes e garantam o uso responsável do solo. Esse planejamento deve-se levar em conta os diversos riscos ambientais e sociais, visando a sustentabilidade por meio da preservação do meio ambiente e da segurança da população.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados extraídos neste estudo foi possível verificar as principais diferenças na forma e abrangência do Uso e Cobertura da Terra no município Pendências/RN, assim como entender os graus de proteção dos solos quando empregados aos tipos de cobertura vegetal através da aplicação do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) nos anos de 2001 e 2021.

As tipologias utilizadas para a classificação das formas de Uso e Cobertura da Terra foram baseadas nas classes do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013). Por isso, é importante frisarmos que para realizar o levantamento do Uso e Cobertura da Terra por meio de mapeamentos incluem análises, que se tornam úteis para a atualização de conhecimentos sobre os espaços, constituindo importantes ferramentas de orientação, planejamento e tomadas de decisões (IBGE, 2013).

Já para os parâmetros relacionados aos tipos de cobertura vegetal empregados aos graus de proteção do solo, foi necessário realizar uma adaptação de Ross (1994), realizando uma adequação à realidade da área estudada. Diante desse ensejo, torna-se evidente que a conservação da cobertura vegetal desempenha uma função inquestionável na proteção e manutenção dos solos, como também na diversidade biológica de uma região. Por isso, é

essencial medidas que possam viabilizar o desenvolvimento sustentável, mantendo essas áreas com sua qualidade natural.

Assim também é válido ressaltar que a metodologia empregada nesta pesquisa se mostrou muito útil, revelando que o uso das geotecnologias, especialmente as técnicas de sensoriamento remoto são precisas quando também utilizadas para analisar questões ambientais, de modo que, os resultados adquiridos neste estudo podem fornecer um retrato detalhado dos desafios socioambientais existentes no território estudado. A aplicação do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) representa uma ferramenta valiosa na obtenção de dados e informações relacionadas ao uso e degradação dos solos, assim como, na formulação de estratégias que se direcionam a preservação e reabilitação de áreas potencialmente degradadas.

Nesse contexto, este estudo apresenta aplicabilidade direta no planejamento territorial e ambiental do município de Pendências/RN, sendo uma importante ferramenta para subsidiar a formulação de políticas públicas voltadas ao uso e ocupação do solo, à conservação da cobertura vegetal e à recuperação de áreas degradadas. Assim, a identificação das mudanças no uso da terra associada aos graus de proteção do solo é capaz de fornecer subsídios técnicos para a gestão ambiental municipal, especialmente no monitoramento de áreas que são suscetíveis à erosão, à degradação dos solos e à perda de serviços ecossistêmicos. Vale ressaltar que os dados podem contribuir como instrumento de apoio à tomada de decisões em regiões semiáridas, onde a fragilidade ambiental exige estratégias que devem ser integradas de manejo sustentável.

Ademais, esse conhecimento poderá servir de base para a implementação de ações concretas em prol da proteção ambiental, como para possíveis pesquisas na área em estudo. Sendo importante destacar a relevância deste trabalho como contribuição, principalmente, ao poder público como meio de formulação de políticas e ações concretas voltadas à proteção ambiental e ao desenvolvimento socioeconômico.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R. O; GUTJAHR, M. R. **Desastres Naturais**. São Paulo: Instituto Geológico/SMA. 3ª edição Revisada. (Série Cadernos de Educação Ambiental, 8), 2015, 100 p.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu (Relatório)**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas, 2016.

ARAÚJO, J. P. R. **Vulnerabilidade Natural, Ambiental e Uso e Ocupação no Município de Assú/RN**. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2019.

ARAÚJO, Ricardo Souza et al. ESPAÇO URBANO E IMPACTO AMBIENTAL: reflexões a partir da análise do processo de expansão das cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha- CE. **Caderno Prudentino de Geografia**, São Paulo, v. 1, n. 43, p. 104-126, mar. 2021. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6948>. Acesso em: 15 mar. 2023.

ALVES, Claudia Durand. **Mudanças da Cobertura e Uso da Terra decorrentes da expansão da cana-de-açúcar utilizando dados TM Modis com análise orientada a objeto**. 2011. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, 2011.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. [on line]. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm >. Acesso em: 18/08/2023.

CAETANO, Robert. et al. Uso de índices espectrais na caracterização da cobertura vegetal em região de Caatinga do Semiárido Baiano. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 28-43, 18 ago. 2022. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. <http://dx.doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n2id26864>.

CASTRO, Flávio Barboza; LEAL, Rogério Gesta. A Sociedade de Risco no Estudo Impacto de Vizinhança: uma sociedade marcada por perigos ambientais. **Revista Eletrônica Direito e Sociedade - Redes**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 75-87, 30 jun. 2023. Centro Universitário La Salle - UNILASALLE. <http://dx.doi.org/10.18316/redes.v11i1.6462>. Disponível em: <https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/redes/article/view/6462>. Acesso em: 24 jan. 2024.

CALDERARO DA SILVA, Noelson; ALVES ROBERTO, José Carlos; DA SILVA ALMEIDA, Victor. Impactos ambientais e sociais devido a poluição do igarapé do passarinho Manaus-AM. **GeSec: Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 10, 2023. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/3062>. Acesso em: 25 de jan de 2024

CONGEDO, Luca. **Semi-Automatic Classification Plugin**. 2023. Disponível em: <https://plugins.qgis.org/plugins/SemiAutomaticClassificationPlugin/>. Acesso em: 03 jan. 2023.

COSTA, J. de J.; FONTES, A. L.; SOUZA, R. M. **O modelo GTP (Geossistema/Território/Paisagem) na Planície Costeira Sergipana, Brasil**. *Revista Geonorte, Amazonas*, v. 1, n. 4, p. 46-58, 2012.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. **Diagnóstico do Município de Pendências**. Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 23 p.

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, v. 80, n. 1, p. 185–201, 2002.

FRUTUOSO, G. K. DA C. **Avaliação do Risco de inundação na Área Urbana de Assú - RN como Ferramenta para o Planejamento Urbano**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Mossoró, 2020. 96p.

GROTH, D. I. et al. PLANEJAMENTO URBANO E SUA APLICABILIDADE EM PEQUENAS CIDADES: O ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE ESPERANÇA DO SUL - RS. **Salão do Conhecimento**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2015. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/5043>. Acesso em: 4 jan. 2024.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, 25:295-309, 1988.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. **Perfil do seu Município-Pendências/RN**. 2008.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/pendencias.html>. Acesso em: 25 maio 2023.

JENSEN, J. R. *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

QGIS DEVELOPMENT TEAM, QGIS Development. Changelog for QGIS 3.18. Software QGIS. 2021. Disponível em: https://QGIS.org/pt_BR/site/forusers/visualchangelog318/index.html. Acesso em: 02 janeiro 2024.

PIMENTA, Keyla Ketlyn Passos. INDÚSTRIA E BIODIVERSIDADE NO BRASIL: O NOVO MARCO REGULATÓRIO SOBRE O USO SUSTENTÁVEL DA BIODIVERSIDADE. **Revista Administração Vol. 02, Nº. 20, Curitiba, 2017. Pp. 421-441 de Empresas**, Curitiba, v. 02, n. 20, p. 421-441, 2017.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA); Fundação João Pinheiro. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Brasília, DF, 2013.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 8, p.63-74, 1994.

SALLES, M. C. T. **Análise das Potencialidades e Fragilidades da Política Urbana e Ambiental do Município de Mossoró (RN)**. 2013. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Ciências Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró/RN, 2013.

SANTOS, Alex Mota dos; NUNES, Fabrizia Gioppo. Mapeamento de Cobertura e do Uso da terra: críticas e autocríticas a partir de um estudo de caso na Amazônia Brasileira. **Geosul**, [S.L.], v. 36, n. 78, p. 476-495, 8 abr. 2021. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e72887>.

SOUZA, D. S. L. de. et al. Análise e Mapeamento da Fragilidade Ambiental no Município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 13, n. 05, p. 2269-2292, jan-dez. 2020.

SOUZA, José Hugo Simplicio de; et al. AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL EM BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURU-PB UTILIZANDO O GOOGLE EARTH ENGINE. In: FRANCISCO, Paulo Roberto Megna (ed.). **Agrociências: Natureza & Conservação**. Campina Grande: EPTEC, 2023. Cap. 6. p. 01-103.

SOUZA, E. P. de. et al. Uso do Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental de um Empreendimento de um Posto de Combustível no Município de Parnaguá/PI. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 7., 2016, Campina Grande. **Anais**. Campina Grande, 2016.p. 1-4. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/V-042.pdf>. Acesso em agosto de 2023.

SILVA, M. C. **Análise Socioambiental da Sub-bacia da Lagoa da Ponta Grande - Ipangaçu/RN**. 2020. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró/RN, 2020.

SILVA, C. S. P.; GRIGIO, A. M.; PESSOA, Z. S. **Vulnerabilidade Socioambiental Urbana: o caso de Mossoró-RN**. Encontro Nacional da Rede Observatório das Metrôpoles – UFRN. Natal, 2017. 17 p.

USGS. United States Geological Survey. **Earth Explorer**. 2014. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

VEYRET, Y.; RICHEMOND, N. M. Os tipos de riscos. In: VEYRET, Y. (Org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

VIEIRA, Rubyana dos Santos et al. Fragilidade ambiental emergente da bacia hidrográfica do rio Santa Maria do Doce – ES, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 1253-1267, 20 jul. 2021. *Revista Brasileira de Geografia Física*. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1253-1267>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/249403>. Acesso em: 19 set. 2023.