

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ÁREAS DE SALINAS E URBANIZADAS NA FOZ DO RIO APODI-MOSSORÓ, NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA-RN

Samella Madalena Dantas da Silva¹, Daniela da Costa Leite Coelho²

¹ Graduanda do Curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia, UFERSA, Mossoró - Rio Grande do Norte, Fone (84) 981719727. E-mail: samelladantas16@gmail.com. Autor(a) apresentador(a) correspondente *.

² Doutora em Manejo de Solo e Água, Professora Adjunta, UFERSA, Mossoró - Rio Grande do Norte, Fone (84) 98830-9726. E-mail: daniela.coelho@ufersa.edu.br.

Resumo: O presente estudo buscou analisar a variação espaço-temporal das áreas de salinas e modificação nas áreas urbanizadas no município de Areia Branca, localizado no estado brasileiro do Rio Grande do Norte no intervalo de 23 anos (2000-2023). Tal estudo destaca-se devido à importância da produção de sal na região, e dos desafios ambientais e urbanos associados à indústria salineira. O município faz parte do Polo Salineiro e possui cinco salinas que impactam significativamente não só a economia local, mas também a do país. A problemática é que a expansão dessas salinas também gera problemas ambientais e também para a população como rachaduras em edificações e salinização do solo. Para realização da pesquisa utilizou-se o sensoriamento remoto com o auxílio do software de geoprocessamento gratuito e de código aberto QGIS para classificar o uso e ocupação do solo do município e compreender a expansão das salinas e crescimento urbano, e como eles se influenciam mutuamente, contribuindo para uma gestão ambiental informada e sustentável. A análise espaço-temporal buscou identificar padrões e tendências, fornecendo subsídios para diretrizes de planejamento mais eficazes, promovendo um desenvolvimento que concilie o crescimento urbano, a preservação ambiental e o bem-estar das comunidades locais. Verificou-se que na área de estudo em questão, houve um aumento significativo nas áreas de salinas e áreas inundadas, das áreas urbanizadas ou de solo exposto, e das áreas de vegetação densa. As áreas de dunas e vegetação rasteira diminuíram, onde a ênfase deve ser dada às áreas de dunas, que passaram de 2,89% da área do município, no ano de 2000, para apenas 1,68% no ano de 2023. Relacionando o aumento significativo nas áreas de salinas, áreas inundadas, áreas urbanizadas ou de solo exposto com a diminuição das áreas de dunas, observou-se um indício de que a expansão urbana e o crescimento das atividades salineiras provavelmente também está sendo realizada em áreas de dunas, usadas para construção em comunidades rurais distantes da sede do município. Utilizando sensoriamento remoto com o software QGIS para classificar o uso do solo, a pesquisa revelou a estreita relação entre a expansão das salinas e o crescimento urbano, destacando os desafios ambientais e urbanos ligados à indústria salineira. Em síntese, o estudo contribui para uma gestão ambiental informada e sustentável, buscando conciliar o progresso econômico com a proteção do meio ambiente e o bem-estar da população local.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Sal; Qgis; Meio ambiente; Imagens de satélite.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o estado do Rio Grande do Norte está entre os maiores produtores de sal marinho, justificado pelo seu conjunto peculiar de condições edafoclimáticas, incluindo aspectos relacionados ao relevo, clima e solo, associados à grande extensão da sua costa marinha, a qual alcança mais de 410 km. (COSTA, 2022) [1].

Considerando a forma de exploração e colheita do sal, pode-se classificar as salinas solares brasileiras em duas categorias: artesanais (manuais) e mecanizadas. A colheita artesanal é pequena, com área média de 2 a 50 ha (hectares), dividida em 10 a 20 tanques (evaporadores e cristalizadores), com colheita manual de sal e produção aproximada de 200 a 20 mil ton.ano⁻¹ (ROCHA et al., 2012) [2].

Essas áreas são utilizadas há séculos para produção desse mineral para diversos fins, incluindo, principalmente, a culinária, a conservação de alimentos e o uso industrial. O processo de extração do sal marinho divide-se em quatro etapas: a concentração da água do mar, a cristalização do cloreto de sódio, a colheita e a lavagem. Por utilizar processos naturais, a produção do sal marinho sofre influência do clima e é programada de acordo com as estações de seca e de chuvas (NORSAL, 2011) [3].

O município de Areia Branca, situado na região Nordeste do Brasil, assume importância estratégica no estado do Rio Grande do Norte (RN) e no país, uma vez que faz parte do Polo Salineiro, possuindo na sua localidade

cinco salinas situadas em seu entorno, sendo duas na zona urbana e três na zona rural. Estas empresas do ramo salineiro contribuem significativamente para a economia local, regional e nacional do país (LE MOS, 2018) [4]. O crescimento urbano em Areia Branca está intimamente ligado à atividade salineira, entretanto, apesar dos benefícios econômicos proporcionados pelas salinas, essa urbanização em torno delas acarreta em influências negativas sobre a população e o meio ambiente.

De acordo com a entrevista realizada por Lemos (2018) [4], com moradores de Areia Branca, foi observado que os principais problemas que afetam a cidade e estão relacionados às atividades salineiras são: rachaduras causadas em algumas edificações e cavidades abertas no asfalto devido a caminhões transitarem por algumas ruas da cidade, carregados com várias toneladas de sal durante o transporte do produto; e a elevada quantidade de sal presente nos terrenos provoca eflorescência, ou seja, surgimento de depósitos cristalinos de cor branca, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas nas paredes das edificações. É importante salientar que os altos teores de cloreto de sódio misturados à areia, que geralmente é utilizada nas construções, também favorecem desgaste mais rápido da estrutura de algumas edificações da cidade. Alguns moradores relataram ainda que a água que consomem possui elevada dureza, devido à grande presença de sais em sua composição.

Podem ser relacionados ainda os seguintes impactos ambientais a esta atividade: desmatamento dos manguezais na área estuarina; desmatamento das vegetações de transição do estuário para a caatinga; alteração da rede de drenagem natural, com representação de águas salinas em ambientes dulcícolas e estuarinos; salinização dos solos da barragem flúvio-marinha e exclusividade do uso da terra (restrição de uso) (MEDEIROS; CUNHA; ALMEIDA, 2011) [5].

Dentro desse contexto, torna-se importante conhecer e analisar como esses processos se relacionam e se influenciam mutuamente, especialmente no que diz respeito às transformações observadas na paisagem costeira ao longo do tempo. A importância dessa análise deriva da complexa interdependência entre as atividades de extração de sal e o crescimento das áreas urbanas, tendo em vista os impactos desse fenômeno tanto no ambiente natural quanto nas comunidades locais. É fundamental compreender a evolução espaço-temporal desses fenômenos para identificar padrões, tendências e possíveis desdobramentos negativos dessa interação.

A análise espaço-temporal visa fornecer subsídios para diretrizes de planejamento mais eficazes, buscando um desenvolvimento sustentável que harmonize o crescimento urbano com a preservação ambiental e o bem-estar das comunidades locais na região.

Partindo dessa análise espaço-temporal, o sensoriamento remoto vem como uma importante ferramenta e tecnologia para realização de pesquisas dessa natureza, visto que a utilização dessa geotecnologia permite uma abordagem detalhada, possibilitando a observação das mudanças ocorridas na paisagem ao longo de diferentes períodos.

O sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permitem a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos, onde estas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos (MORAES, 2002) [6].

Com base no que foi exposto, este estudo teve como objetivo principal realizar uma análise espaço-temporal das áreas de salinas e variação nas áreas urbanizadas na foz do Rio Apodi-Mossoró, no município de Areia Branca (RN), buscando ainda utilizar-se das geotecnologias, mais especificamente o sensoriamento remoto, para compreender as dinâmicas dessas áreas, de modo que haja uma contribuição para uma gestão mais informada e sustentável do ambiente.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

2.1.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho caracterizou-se como uma pesquisa experimental, realizada no Município de Areia Branca, estado brasileiro do Rio Grande do Norte (RN), situado no nordeste brasileiro (Figura 1) na Mesorregião Oeste Potiguar, e Microrregião de Mossoró. De acordo com o censo de 2022, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Areia Branca tem uma área territorial de 342,749 km², população residente estimada de 24.093 pessoas, e densidade demográfica de 70,29 hab.km⁻¹ (IBGE, 2023) [7].

De acordo com (SILVA; COSTA JUNIOR; SILVA, 2014) [8], o município em estudo limita-se a oeste com o município de Grossos, ao sul com Mossoró e Serra do Mel, a leste com Porto do Mangue, e ao norte é banhado pelo Oceano Atlântico. Sua sede tem uma altitude média de 3 metros e está localizada nas coordenadas geográficas de 04° 57' 21,6" de latitude sul e 37° 08' 13,2" de longitude oeste. O acesso a Areia Branca a partir da capital Natal pode ser feito através das rodovias pavimentadas BR-304 e BR-110.

Em relação ao clima, o município de Areia Branca possui um clima característico do tipo BSw_h (quente semiárido), com temperaturas médias anuais variando entre 21,0 °C e 33,0 °C. O período chuvoso ocorre entre fevereiro e maio, enquanto o período seco predomina durante 8 a 10 meses ao ano. A umidade relativa média anual é de 69%, com um tempo de insolação estimado em 2.700 horas.ano⁻¹. Estas variações climáticas podem ser explicadas pela movimentação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), onde os períodos de seca estão relacionados com seu afastamento da costa, provocando a ausência de chuvas e o domínio dos ventos fortes, enquanto que os períodos chuvosos são ligados ao seu deslocamento para o sul relacionando-se com ventos mais brandos. (ARAÚJO, 2006) [9].

Segundo Medeiros, Cunha e Almeida (2011) [5], o município de Areia Branca assume importância estratégica no estado do Rio Grande do Norte (RN) e no Brasil, uma vez que faz parte do Polo Salineiro responsável por cerca de 85% do sal produzido no País. Além disso, este município está assentado em terrenos da Bacia Potiguar, uma das maiores produtoras de petróleo em terra do Brasil.

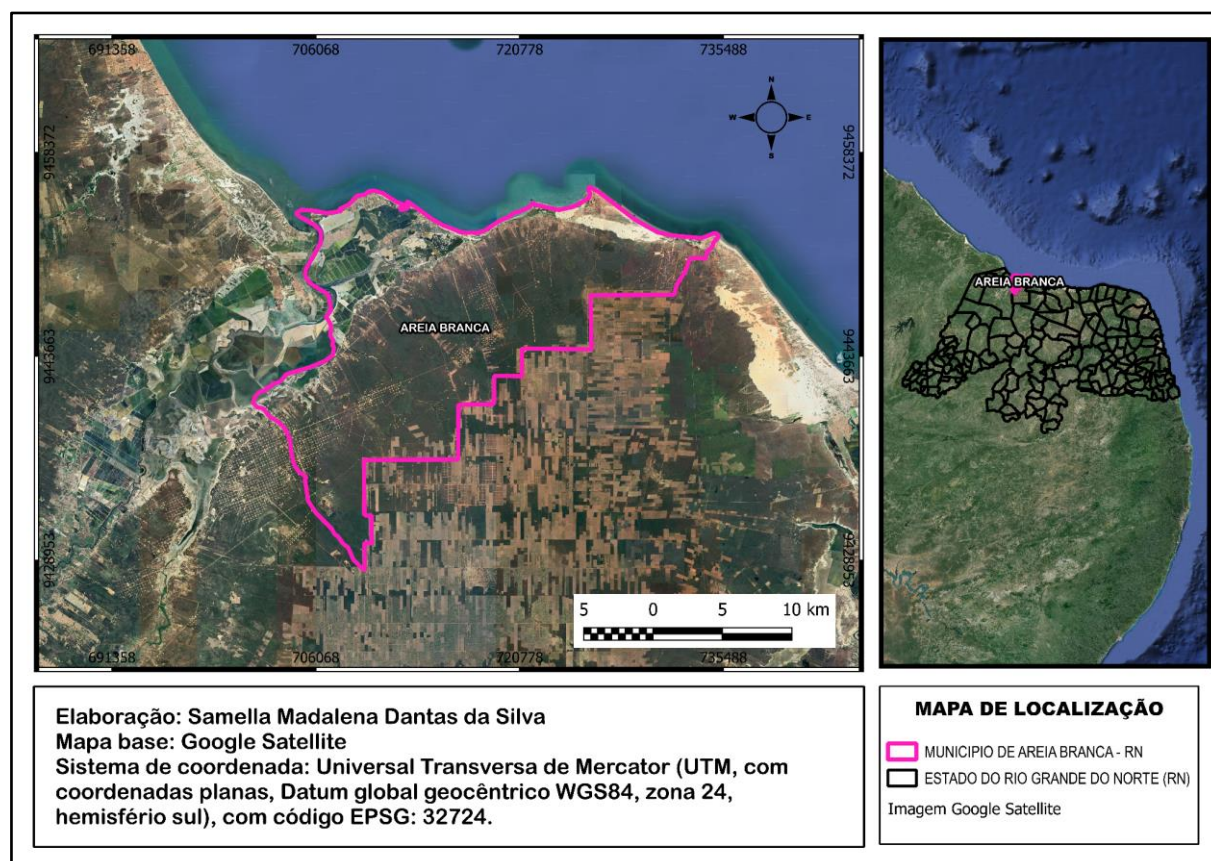


Figura 1. Mapa de localização do Município de Areia Branca- RN, Brasil. Fonte: Autoria própria (2024).

2.1.2 Obtenção dos dados

Um dos elementos mais utilizados na interpretação visual de imagens em sensoriamento remoto é a cor. Uma imagem de sensoriamento remoto, por sua natureza digital, é constituída por um arranjo de elementos em forma de grade regular retangular. Cada célula desta grade (um pixel) é indexada por linha e coluna e representa uma área da superfície da Terra possuindo um determinado valor numérico (um número digital). O valor numérico corresponde sempre à média da intensidade da energia eletromagnética refletida, emitida ou retroespalhada pelos diferentes materiais presentes no pixel, e capturada pela célula do sensor localizado no satélite. As cores no sensoriamento remoto são derivadas de uma composição de bandas do espectro de energia eletromagnética separadas por intervalos de comprimento de onda (BOSCOLO; NAMIKAWA, 2018) [10].

A análise realizada envolveu a aquisição, processamento e categorização de imagens multiespectrais, utilizando o software gratuito de código aberto QGIS, na versão 3.28.14 (QGIS, 2023) [11].

O intervalo do período de estudo foi de 23 anos, sendo analisados os anos de 2000 e 2023. Para a elaboração dos mapas dos anos citados, foram adquiridas imagens orbitais da área correspondente ao município de Areia Branca-RN através da plataforma online do Earth Explorer – USGS (USGS, 2024) [12].

A imagem utilizada para análise e elaboração do mapa do ano 2000 foi capturada no dia 21 de junho, cena 215/064, procedente do satélite de sensoriamento remoto LANDSAT 7, sensor ETM, disponibilizada de forma gratuita nos registros de imagens do site Earth Explorer - USGS (USGS, 2024) [12]. A justificativa de escolha da data de obtenção da imagem se deu pela razão deste ser o registro mais antigo deste ano de 2000 com uma boa

qualidade para realizar a análise, visto que nesse período a incidência de nuvens nesta área eram mínimas.

No que se refere a imagem utilizada para mapeamento do ano de 2023, capturada no dia 05 de junho, cena 215/064, foi procedente do satélite sensoriamento remoto LANDSAT 9, sensor OLI, também disponibilizada gratuitamente nos registros de imagem do site Earth Explorer (USGS, 2024) [12]. A escolha da data da obtenção da imagem se deu pelo fato de ser o registro do mesmo mês de estudo com o mesmo período climático da imagem do ano de 2000 com uma boa qualidade para a realização da análise comparativa visto que, nesse período, a incidência de imagens sem nuvens, pós período de chuvas, e com presença maior de vegetação

2.1.3 Processamento de dados

De início, as bandas B2, B3, B4 e B5 das imagens, de ambos os períodos de estudo, obtidas do site Earth Explorer foram reprojetadas para o sistema de projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), com coordenadas planas, Datum global geocêntrico WGS84, zona 24, hemisfério sul, com código EPSG: 32724.

Para a delimitação da área de interesse foi utilizado um arquivo vetorial do tipo shapefile (.shp) do oeste potiguar do estado do RN fornecido pela secretaria de recurso do estado do Rio Grande do Norte, onde a partir desse arquivo foi feito o recorte da camada de área de interesse.

Após o recorte, foi iniciado o processo de composição da imagem do mapa do ano de 2000, RGB-432, isto é, banda 4 (infravermelho próximo) no canal 1 (vermelho), banda 3 (vermelho) no canal 2 (verde), e banda 2 (verde) no canal 3 (azul).

Para a composição do mapa de 2023, RGB-543, ou seja, banda 5 (infravermelho próximo) no canal 1 (vermelho), banda 4 (vermelho) no canal 2 (verde), e banda 3 (verde) no canal 3 (azul). No entanto, antes de gerar a composição do mapa do ano de 2023, foi realizada a transformação radiométrica das imagens do LANDSAT 9 de 16 bits para 8 bits, visto que as imagens do LANDSAT 7 são em 8 bits, para que assim as imagens dos dois períodos tivessem ficassem com a mesma resolução, favorecendo um comparativo da classificação mais precisa.

Essas composições foram criadas com a pretensão de obter uma imagem onde os elementos de interesse do estudo fossem notados e destacados. A seleção das bandas foi baseada em sua capacidade de distinguir entre os diferentes tipos de uso do solo na região analisada. As imagens foram fornecidas com a devida correção geométrica.

O olho humano é capaz de discernir cerca de 7 milhões de cores localizadas no espectro visível, mas somente cerca de 30 tons de cinza. Assim, uma composição colorida otimamente selecionada traduz a informação desejada disponível nas bandas para o olho humano da melhor forma possível. Uma única banda espectral é uma imagem em tons de cinza, enquanto a combinação de três bandas espectrais apresentada nos componentes básicos de cor aditiva (vermelho, verde e azul) forma uma imagem colorida. A imagem colorida permite visualizar a informação multiespectral, onde as bandas não são restritas ao espectro visível (BOSCOLO; NAMIKAWA, 2018) [10].

2.1.4 Classificação temática

Com base nas imagens processadas, foi realizada a classificação supervisionada dos usos do solo na região, para cada ano. Inicialmente, identificaram-se os principais usos existentes, sendo definidas, no presente estudo, as classes:

- 1 – Recursos hídricos - Áreas alagadas - Salinas: Essa classe engloba territórios com recursos hídricos, incluindo regiões alagadas e, sobretudo, salinas. Esses territórios principalmente, salinas, abrangem áreas que possuem águas com elevada concentração de sais minerais
- 2 – Área urbanizada ou Solo exposto: Esta categoria abrange regiões urbanas estrategicamente planejadas, bem como áreas onde o solo está exposto, podendo englobar espaços ocupados por torres de energia eólica e painéis solares, sendo estes últimos presentes apenas no ano de 2023. Tais áreas são reflexos das atividades humanas e podem acarretar impactos ambientais negativos.
- 3 – Solo de dunas: Essa classe se aplica a regiões cobertas por dunas, que são formações de areia móveis predominantes em áreas continentais ou desérticas. As dunas desempenham uma função crucial na proteção costeira e na preservação de ecossistemas singulares.
- 4 – Vegetação densa: Esta classe representa áreas com vegetação exuberante e saudável, caracterizadas por um alto índice de cobertura vegetal. Essas áreas são ecossistemas florestais ou locais com vegetação densa, que oferecem habitat para uma variedade de espécies e reservas para a biodiversidade.
- 5 – Vegetação rasteira: Inclui áreas com vegetação mais baixa, como plantações, manguezais e matas ciliares. Estas áreas são importantes para a conservação da biodiversidade, proteção do solo e manutenção de ecossistemas aquáticos.

Com base nas classes definidas, foram coletadas amostras de cada tipo de uso e ocupação do para treinar o algoritmo de classificação.

O processo de classificação supervisionada foi conduzido com o uso do plugin Dzsatsaka e do classificador "Modelo de Mistura Gaussiana", o qual é um dos modelos de agrupamento e classificação mais utilizados, devido ter uma matemática simples de implementar e com pequeno número de parâmetros, sendo mais fácil de ser calculado (PANTOJA; SPENASSATO; EMMENDORFER, 2022) [13]. Esse tipo de classificador também reduz o impacto da correção atmosférica para comparação dos dois satélites.

Após a classificação da imagem, as áreas dos diferentes usos e ocupação do solo foram mapeadas e convertidas em arquivos vetoriais do tipo shapefile (.shp). Esses arquivos permitiram a quantificação das áreas correspondentes a cada uso e sua distribuição do uso do solo na área estudada.

Por fim, foram criados mapas temáticos com os resultados obtidos, incluindo o layout de impressão, juntamente com tabelas contendo os valores de cada classe de uso do solo analisada no período de estudo para o município de Areia Branca-RN.

2.2. Resultados e Discussões

2.2.1 Classificação temática do Município de Areia Branca-RN

A repartição das distintas classes do uso e ocupação do solo do município de Areia Branca, obtidas através da elaboração do mapa do ano de 2000, pode ser observada na Figura 2. Para a realização de uma análise espaço-temporal, foi feita também uma distribuição das mesmas classes em um mapa representativo do ano de 2023, o qual pode ser visto na Figura 3.

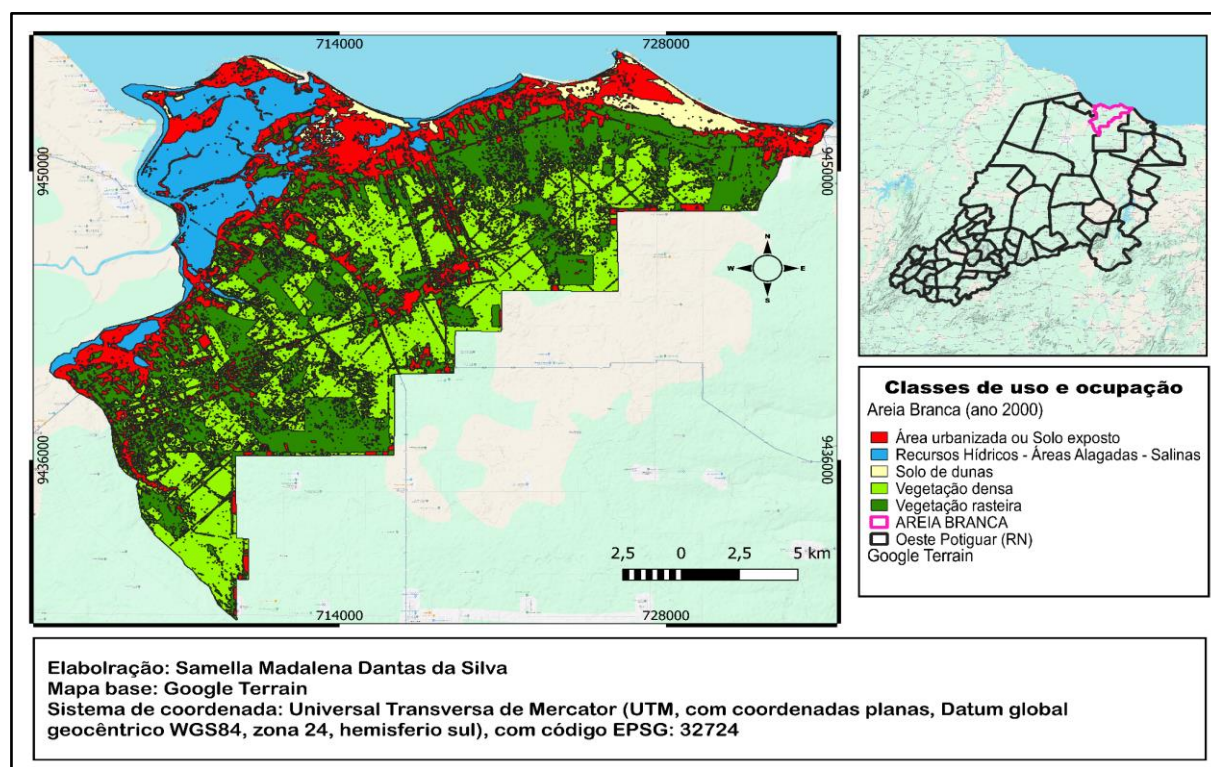


Figura 2. Mapa de classificação de uso e ocupação do solo do Município de Areia Branca-RN, no ano de 2000. Fonte: Autoria própria (2024).

Tabela 1. Classes de uso e ocupação do solo do Município de Areia Branca-RN, no ano de 2000. Fonte: Autoria própria.

Classes de Uso e Ocupação	Área (ha)	Área (%)
Recurso Hídrico, Área alagada ou Salinas	4.248,59	11,41
Área urbanizada ou Solo exposto	6.582,66	17,67
Solo de dunas	1.075,21	2,89
Vegetação densa	12.092,79	32,47
Vegetação rasteira	13.245,83	35,56
Total	37245,07	100,00

A classificação do uso e ocupação do solo no município de Areia Branca no ano 2000, conforme Figura 2 e Tabela 1, baseia-se na elaboração de um mapa que destaca as diferentes classes de uso e ocupação do solo na área. As classes incluem Recurso Hídrico, Área alagada ou Salinas, Área urbanizada ou Solo exposto, Solo de dunas (Solo Dunar), Vegetação densa e Vegetação rasteira (Vegetação Baixa). Essas classes são definidas por suas características e funções específicas, como salinas, desenvolvimento urbano, paisagens naturais e tipos de vegetação.

A Tabela 1 também mostra a área em hectares e o percentual de cada classe, sendo a maior parte da área coberta por vegetação rasteira (35,56%). Esta classificação é importante para compreender os padrões de uso do solo e as mudanças no município ao longo do tempo, o que pode informar as decisões de planejamento e gestão do uso do solo.

O mapa de uso e ocupação do solo em Areia Branca-RN em 2023, apresentado na Figura 3 e na Tabela 2, mostra a distribuição das diferentes classes de uso do solo no município. Os dados destacam que a maior parte da área era coberta por vegetação densa (44,07%), seguida pela área urbanizada ou solo exposto, que representou 21,33%, valor este bem próximo da vegetação rasteira com 20,75%, enquanto o recurso água, área alagada ou salinas representaram 12,16% da área total. O solo dunar ocupou no ano de 2023 um valor de 1,68% do município. Essas informações são cruciais para entender a dinâmica do uso do solo e planejar estratégias de desenvolvimento sustentável no município.

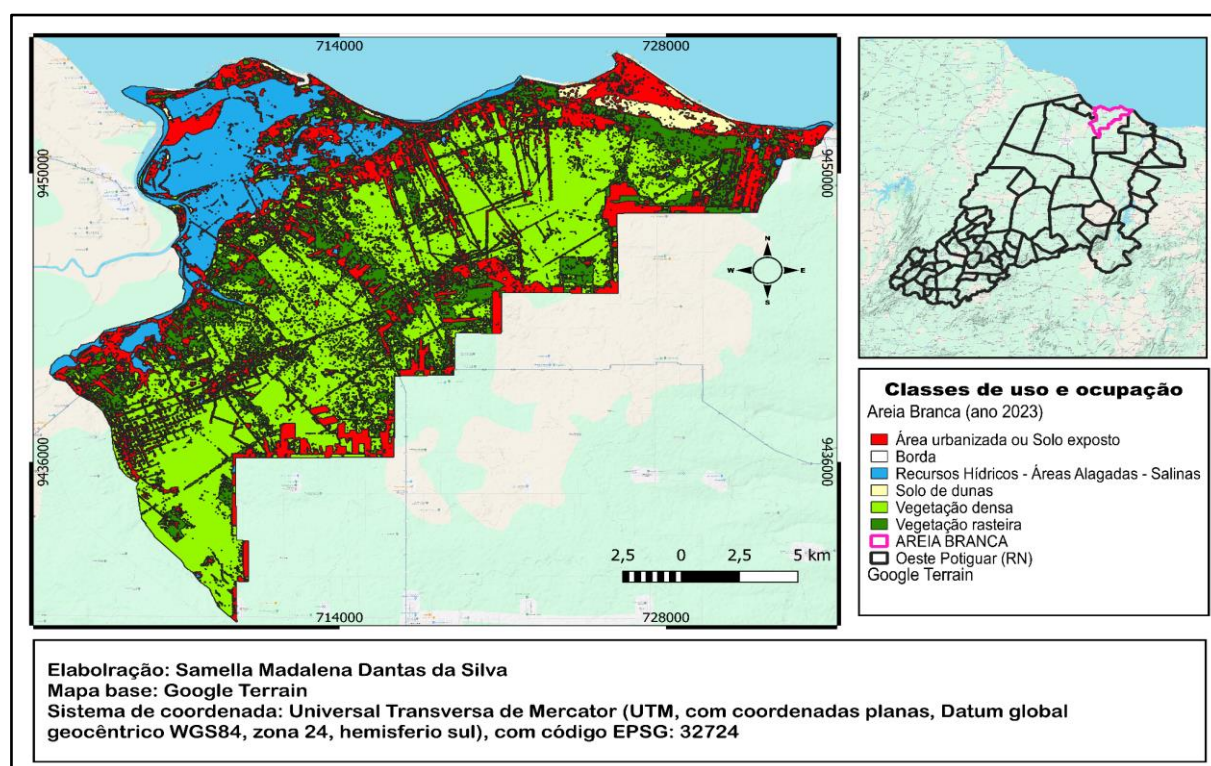


Figura 3. Mapa de classificação de uso e ocupação do solo do Município de Areia Branca-RN, no ano de 2023.
Fonte: Autoria própria (2024).

Tabela 2. Classes de uso e ocupação do solo do Município de Areia Branca-RN, no ano de 2023. Fonte: Autoria própria.

Classes de Uso e Ocupação	Área (ha)	Área (%)
Recurso Hídrico, Área alagada ou Salinas	4530,54	12,16
Área urbanizada ou Solo exposto	7945,64	21,33
Solo de dunas	626,03	1,68
Vegetação densa	16414,14	44,07
Vegetação rasteira	7728,73	20,75
Total	37245,07	100,00

A comparação das classes de uso e cobertura do solo no município de Areia Branca entre 2000 e 2023 revelou notáveis mudanças com implicações ambientais e urbanas e podem ser observadas a partir das Tabelas 1 e 2, respectivamente.

No que se refere a classe de Recursos Hídricos, Áreas Inundadas ou Salinas, em 2000, a área de recursos hídricos, áreas inundadas ou salinas cobria 4248,59 hectares (11,41% do território), aumentando para 4530,54 hectares (12,16%) em 2023. Segundo Lemos (2018) [4], de acordo com a análise dos dados, as salinas situadas no município de Areia Branca fortalecem a economia municipal, contribuem para a economia estadual e consequentemente a nacional. Em contrapartida, as atividades salineiras geram impactos ambientais, que podem ocorrer com menor intensidade quando medidas preventivas adequadas são aplicadas durante todo o processo de produção de sal (LEMONS, 2018) [4]. Segundo Ibiapina e Aloufa (2019) [14], de acordo com IDEMA (2017) [15], a atividade salineira vem ocupando, gradualmente, Áreas de Preservação Permanente – APP, gerando comprometimento socioambiental através de impactos, tais como: redução de áreas de mangues, redução das matas ciliares, ocupação de sistemas dunares, alteração da taxa de sedimentação flúvio-marinha, alteração do ciclo hidrológico, impermeabilização de planícies de marés, diminuição da biodiversidade dos manguezais, cerceamento dos acessos da população e marginalização de comunidades tradicionais, entre outros. Esta expansão enfatiza a importância da gestão dos recursos hídricos e áreas inundadas à luz das mudanças observadas.

Com relação à Área Urbanizada ou Solo Exposto, foi observado um aumento significativo na área urbanizada ou exposta, passando de 6.582,66 hectares (17,67%) em 2000, para 7.945,64 hectares (21,33%) no ano de 2023. Visualmente em campo observa-se o aumento de edificações, o que leva diretamente ao crescimento da urbanização ou de áreas expostas do solo. De acordo com Ibiapina (2019) [14], fica evidente o aumento da área urbanizada no município, onde no ano de 1998 representava apenas 1,79 km² e, 20 anos após, esta área já era de 5,24 km².

Observou-se que as Áreas de Dunas, diminuíram de 1.075,21 hectares (2,89%) em 2000, para 626,03 hectares (1,68%) em 2023. Esses números são um indicio de que a expansão urbana provavelmente também está sendo realizada em áreas de dunas, usadas para construção em comunidades rurais distantes da sede do município. O aumento dessa urbanização dada sobre a área de dunas tem por justificativa as construções de residências, condomínios, e pousadas turísticas nessas áreas, consideradas de alto valor imobiliário à beira mar. Tal redução pode ser justificada pelo processo de invasão de construções/residências que tem se intensificado nos últimos anos sobre as dunas (IBIAPINA, 2019) [14]. Esta redução é um alerta e destaca a importância de medidas para ajudar a mitigar potenciais impactos na preservação destas formações naturais, necessitando de um acompanhamento atento de quaisquer alterações associadas. De acordo com Rogério, Amaro e Vital (2005) [16], com relação às dunas fixas e móveis, ambas sofreram uma diminuição ao longo dos anos. e a explicação para esse fato é que parte delas foi removida para a construção de novos tanques de sal e também para a replantação das atividades agrícolas.

Já com relação às áreas de vegetação, verificou-se que a classe Vegetação densa teve um aumento significativo da área, passando de 12.092,79 hectares (32,47%) em 2000, para 16.414,14 hectares (44,07%) em 2023. Esse aumento sugere esforços de reflorestamento ou conservação ambiental, ou, principalmente, pelo processo de fiscalização e aumento no rigor da lei ambiental nos últimos anos em regiões costeiras. Tais como a revisão do novo Código Florestal, e ampliação da área de atuação do IDEMA no Estado. Além disso, pode-se citar ainda, o aumento da exigência dos processos de licenciamento de empreendimentos neste período de 23 anos. Apesar das instalações de torres eólicas e de painéis solares causarem danos ambientais, tais como o desmatamento, as mesmas implantam projetos para mitigar ou até reverter esses danos. De acordo com Nogueira (2017) [17], é sabido a existência de impactos ambientais na instalação de um parque eólico, porém é necessário que exista medidas da empresa responsável pela administração do parque para que os impactos que venham a existir sejam minimizados ou até mesmo anulados, onde o gerente ambiental da Voltaia® citou que existe dez programas feitos pela empresa que tem o objetivo de mitigar eventuais impactos ambientais que a região venha a sofrer, sendo um deles o Programa de recuperação de áreas degradadas: Esse programa tem como objetivo traçar diretrizes para orientar na recuperação das áreas com vegetação nativa a serem atingidas pelas obras de implantação dos parques eólicos (UEE Carcará I, UEE Carcará II e UEE Terral) de forma a integrá-las ao ambiente do entorno, evitando e/ou reduzindo os impactos ambientais causados principalmente da formação de processos erosivos nas áreas operacionais dos parques eólicos e adjacentes.

E, por fim, a classe de vegetação rasteira apresentou variação negativa, representando 13.245,83 hectares (35,56%) em 2000, para uma diminuição de área, ficando com 7728,73 hectares (20,75%) no ano de 2023. O que justifica a escolha do mês de junho para os estudos nos dois anos avaliados, pois é o final do período chuvoso e a vegetação herbácea está ainda presente na região. A diminuição da área de vegetação rasteira está atrelada ao aumento da vegetação densa devido ao período chuvoso, ou seja, maior presença de vegetação, além do aumento das áreas urbanizadas ou de solos expostos, bem como das áreas de salinas. Essa correlação ressalta a importância da manutenção e equilíbrio dos ecossistemas naturais cruciais para a biodiversidade local.

Observa-se que o crescimento das atividades salineiras favorece o lado socioeconômico do município de Areia Branca-RN, do Estado e até mesmo do país, além de impulsionar o crescimento urbano, porém, devem ser considerados os impactos negativos e buscar um equilíbrio ambiental, já que é uma área que também apresenta recursos naturais de suma importância para o ecossistema local.

Com base nos dados obtidos, observou-se que o presente estudo ressalta a relevância da análise espaço-temporal realizada utilizando técnicas de sensoriamento remoto com o software QGIS para classificar o uso e ocupação do solo, além de que a pesquisa revelou ainda a estreita relação entre a expansão das salinas e o

crescimento urbano, destacando os desafios ambientais e urbanos ligados à indústria salineira.

A presente pesquisa ressalta ainda que, em se tratando de análise espaço-temporal para monitoramento ambiental e urbano da superfície terrestre, deve ser escolhido o melhor método de classificação pelos pesquisadores, para que a classificação seja condizente com os padrões e a realidade observada em campo.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo ressalta a relevância da análise espaço-temporal realizada em áreas com recursos naturais de suma importância para o meio ambiente e para fins socioeconômicos, utilizando técnicas de sensoriamento remoto.

Verificou-se que na área de estudo em questão, houve um aumento significativo nas áreas de salinas, áreas inundadas, áreas urbanizadas ou de solo exposto, e áreas de vegetação densa, considerando o aumento dessa vegetação e a importância da preservação da biodiversidade, a implementação de infraestruturas de energia eólica pode contribuir para a expansão das áreas verdes e a promoção do desenvolvimento sustentável. Isto pode ser conseguido planejando cuidadosamente a localização dos parques eólicos em áreas que não entrem em conflito com regiões ecologicamente sensíveis, como manguezais ou vegetação nativa, e integrando-os na paisagem local através da plantação de espécies nativas e da promoção de corredores ecológicos.

As áreas de dunas e vegetação rasteira diminuíram, onde a ênfase deve ser dada às áreas de dunas, que passaram de 2,89% da área do município, no ano de 2000, para apenas 1,68% no ano de 2023.

Relacionando o aumento significativo nas áreas de salinas, áreas inundadas, áreas urbanizadas ou de solo exposto com a diminuição das áreas de dunas, observou-se um indício de que a expansão urbana e o crescimento das atividades salineiras provavelmente também está sendo realizada em áreas de dunas, usadas para construção em comunidades rurais distantes da sede do município.

Utilizando sensoriamento remoto com o software QGIS para classificar o uso do solo, a pesquisa revelou a estreita relação entre a expansão das salinas e o crescimento urbano, destacando os desafios ambientais e urbanos ligados à indústria salineira.

A análise de padrões e tendências ofereceu parâmetros cruciais para diretrizes de planejamento mais eficazes, promovendo um desenvolvimento sustentável que harmonize o crescimento urbano, a conservação ambiental e o bem-estar das comunidades locais.

Em síntese, o estudo contribui para uma gestão ambiental informada e sustentável, buscando conciliar o progresso econômico com a proteção do meio ambiente e o bem-estar da população local.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] COSTA, Romeika Hellen Brito Ferreira da. **Análise das potencialidades e desafios para o desenvolvimento da salinicultura artesanal do Rio Grande do Norte**. 2022.

[2] ROCHA, R., Costa, D. F., Lucena-Filho, M. A., Bezerra, R. M., Medeiros, D. H., Azevedo-Silva, A. M., ... & Xavier-Filho, L. (2012). **Brazilian solar saltworks-ancient uses and future possibilities**. Aquatic Biosystems, 8, 1-6.

[3] NORSAL. **Histórico da Produção Nacional e Estadual do Sal**. 2011. Disponível em: <www.norsal.com.br>. Acesso em: 05 fevereiro 2024.

[4] LEMOS, Ranna Raniely de Souza. **Análise dos aspectos ambientais e econômicos relacionados à exploração de sal em Areia Branca-RN**. 2018.

[5] MEDEIROS, Wendson Dantas; CUNHA, Lúcio; ALMEIDA, Antônio Campar de. **Dinâmica territorial e impactos ambientais no município de Areia Branca-RN (Nordeste do Brasil): uma análise preliminar**. Revista Geográfica de América Central, v. 2, p. 1-14, 2011.

[6] MORAES, Elisabete Caria de. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, p. 1-7, 2002.

[7] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); **CENSO 2023** Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/areia-branca.html>>. Acesso em: 13 fevereiro 2024.

[8] SILVA, Gabriella Cynara Minora da; COSTA JUNIOR, Nivaldo Patrício da; SILVA, Fernando Moreira da. **Caracterização do uso da terra no município de Areia Branca-RN, por técnicas de sensoriamento remoto**.

[9] ARAÚJO, Armando Bezerra de. **Análise e caracterização da dinâmica da foz do rio Apodi, região de Areia Branca/RN, com base na cartografia temática multitemporal de produtos de sensores remotos.** 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

[10] BOSCOLO, Helena K.; NAMIKAWA, Laercio. **As cores em imagens de sensoriamento remoto.** Das Questões, v. 6, n. 1, 2018.

[11] QGIS 3.28.14 (QGIS, 2023) Disponível em: <https://qgis.org/pt_BR/site/> Acesso em: 25 fevereiro 2024.

[12] Earth Explorer (USGS, 2024) Disponível em: <<https://earth.google.com/web>>. Acesso em: 15 março 2024.

[13] PANTOJA, Daniel Assunção; SPENASSATO, Débora; EMMENDORFER, Leonardo Ramos. **Comparação entre algoritmos de classificação: Modelo de Mistura Gaussiana – GMM e Random Forest – RF, para imagens LANDSAT 8.** Miami, Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 16, n. 3, p. 1-13, 2022.

[14] IBIAPINA, Juliana da silva; ALOUFA, Magdi Ahmed Ibrahim. **Evolução do uso e ocupação do solo em Areia Branca, município costeiro do Rio Grande do Norte, de 1998 a 2018.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 8, n. 3, p. 371-388, 2019.

[15] Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). Relatório conjunto de avaliação técnica ambiental dos empreendimentos salineiros no estado do Rio Grande do Norte. Natal, 2017.

[16] ROGÉRIO, Anna Pauletti Cruz; AMARO, Venerando Eustáquio; VITAL, Helenice. **Caracterização do uso e ocupação do solo da região estuarina de Areia Branca/RN, com base na interpretação de produtos de sensoriamento remoto multitemporais.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005.

[17] NOGUEIRA, Luís Gabriel Oliveira. **Impactos sociais e ambientais decorrentes da implantação do complexo dos parques eólicos no município de Areia Branca/RN.** 2018.