O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratizacão mundial do conhecimento.

BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano VII | Volume 21 | Nº 63 | Boa Vista | 2025

http://www.ioles.com.br/boca

ISSN: 2675-1488

https://doi.org/10.5281/zenodo.15313195

BOLETIM DE CONJUNTURA

www.ioles.com.br/boca

CARACTERIZAÇÃO CLIMATOBOTÂNICA E GEOECOLÓGICA DOS PALEOTERRITÓRIOS QUATERNÁRIOS DE CASA NOVA, BAHIA, BRASIL

Clécia Simone Gonçalves Rosa Pacheco[1]

Reinaldo Pacheco dos Santos[2]

Márcia Bento Moreira[3]

Resumo

Os aspectos climatobotânicos e geoecológicos de uma região são influenciados por características determinadas por diversos elementos do ambiente natural, incluindo clima, relevo, tipos de rochas, temperatura, umidade do ar, radiação solar, tipos de solo, vento, composição da atmosfera e precipitação. Neste sentido, a pesquisa partiu do seguinte problema: como a implementação de um Plano de Conservação Ambiental (PCA) pode contribuir para a conservação da ecodinâmica dos territórios paleodunares na Área de Proteção Ambiental? Este estudo objetivou caracterizar os aspectos climatobotânicos e geoecológicos dos paleoterritórios da Área de Proteção Ambiental Lago de Sobradinho – no município de Casa Nova/BA, Brasil – visando conservar a ecodinâmica da paisagem paleodunar, a partir da criação de um Plano de Conservação Ambiental que oriente, mitigue e incentive às práticas sustentáveis e a justiça socioambiental. A metodologia fundamentou-se nos métodos ecodinâmico e Geossistema-Território-Paisagem. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, exploratória, bibliográfica e de campo, sendo realizado um mapeamento fotogramétrico a partir de Aeronave Remotamente Pilotada, do tipo quadricóptero, equipada com um sensor óptico de alta resolução. As imagens de satélite foram adquiridas através do software SAS Planet, vinculado ao provedor Bing Maps, da Microsoft, e configuradas com zoom de 20x e projeção no sistema WGS84 LatLong. Dentre os principais resultados encontrados estão: o desenvolvimento de um PCA robusto; o uso de tecnologias avançadas na caracterização integrando imagens de satélite e dados geográficos; a recomendação de diferentes Planos de Manejo adaptados ao estado de estabilidade das áreas; a recomendação da preservação de registros paleoclimáticos; e utilização da área em conformidade com normas legais. Concluiu-se que as mudanças paleoambientais, ocorridas na superfície terrestre durante o Quaternário deixaram inúmeras evidências e bioindicadores que preservam os registros das condições climatobotânicas e geoecológicas pretéritas, capazes de explicar os registros das condições ambientais passadas, funcionando como verdadeiros arquivos naturais.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Paleoclimatologia; Paleoterritorial.

Abstract

The climatobotanical and geoecological aspects of a region are influenced by characteristics determined by various elements of the natural environment, including climate, relief, rock types, temperature, air humidity, solar radiation, soil types, wind, atmospheric composition and precipitation. In this sense, the research was based on the following problem: how can the implementation of an Environmental Conservation Plan (ECP) contribute to the conservation of the ecodynamics of the paleodune territories in the Environmental Protection Area? The aim of this study was to characterize the climatobotanical and geoecological aspects of the palaeoterritories in the Lago de Sobradinho Environmental Protection Area - in the municipality of Casa Nova/BA, Brazil - in order to conserve the ecodynamics of the palaeodune landscape, based on the creation of an Environmental Conservation Plan that guides, mitigates and encourages sustainable practices and socio-environmental justice. The methodology was based on the ecodynamic and Geosystem-Territory-Landscape methods. This is a qualitative, exploratory, bibliographical and field study. Photogrammetric mapping was carried out using a remotely piloted quadcopter equipped with a high-resolution optical sensor. The satellite images were acquired using SAS Planet software, linked to Microsoft Bing Maps provider, and configured with a 20x zoom and projection in the WGS84 LatLong system. Among the main results found are: the development of a robust PCA; the use of advanced technologies in characterization integrating satellite images and geographic data; the recommendation of different Management Plans adapted to the state of stability of the areas; the recommendation to preserve paleoclimatic records; and the use of the area in accordance with legal regulations. It was concluded that the paleoenvironmental changes that took place on the earth's surface during the Quaternary have left countless pieces of evidence and bioindicators that preserve the records of past climatobotanical and geoecological conditions, capable of explaining the records of past environmental conditions, functioning as true natural archives.

Keywords: Climate Change; Paleoclimatology; Paleoterritorial.

[1] Docente do Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE). Doutora em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). E-mail: clecia.pacheco@ifsertao-pe.edu.br

[2] Doutorando em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). E-mail: pachecoreinaldo6@gmail.com

[3] Docente da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Doutora em Cirurgia e Experimentação pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). E-mail: marcia.moreira@univasf.edu.br

INTRODUÇÃO

Os aspectos climatobotânicos e geoecológicos de uma região são influenciados por características determinadas por diversos elementos do ambiente natural, incluindo clima, relevo, tipos de rochas, temperatura, umidade do ar, radiação solar, tipos de solo, vento, composição da atmosfera e precipitação. Já o território possui diversas dimensões e significados que variam conforme cada sociedade e as formas de vida que lhe são atribuídas. Deste modo, pode ser encarado tanto como um abrigo, o espaço onde residem as sociedades humanas, quanto como um provedor, o local que abriga todos os recursos naturais e matérias-primas essenciais para a sobrevivência.

Neste sentido, justifica-se o presente estudo pela necessidade urgente de preservar os territórios paleodunares e/ou os paleoterritórios dunares, que são ecossistemas vulneráveis e suscetíveis a danos irreparáveis devido aos fatores climáticos, socioeconômicos e antropogênicos. A investigação destaca a importância de uma abordagem multidisciplinar e o uso de tecnologias avançadas, como Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) e *software* de geolocalização, para obter dados precisos e de alta resolução. Esses dados são essenciais para a elaboração de um Plano de Conservação Ambiental (PCA) robusto, que visa mitigar a degradação ambiental e promover a sustentabilidade. Além disso, a coparticipação da comunidade local e a integração de conhecimentos das diversas áreas, como geomorfologia, paleontologia e climatologia, são fundamentais para uma compreensão holística das mudanças paleoambientais e paleoclimáticas, contribuindo para a formulação de estratégias de mitigação e adaptação alinhadas aos princípios da sustentabilidade e da justiça socioambiental.

Esta pesquisa partiu do seguinte problema: como a implementação de um Plano de Conservação Ambiental (PCA) pode contribuir para a conservação da ecodinâmica dos territórios paleodunares na Área de Proteção Ambiental? Objetivou-se caracterizar os aspectos climatobotânicos e geoecológicos dos paleoterritórios da Área de Proteção Ambiental Lago de Sobradinho – no município de Casa Nova – visando preservar a ecodinâmica da paisagem paleodunar, a partir da criação de um Plano de Conservação Ambiental que oriente, mitigue e incentive à práticas sustentáveis e justiça socioambiental.

Como marco conceitual tem-se que um paleoterritório é a expressão espacial de elementos ambientais que foram moldados pelas interações entre populações pretéritas e meio ambiente, abrangendo tanto aspectos humanos quanto características físicas e biológicas. As questões ambientais urgentes da atualidade, como a conservação da biodiversidade, as mudanças climáticas e a busca pela sustentabilidade, têm suas raízes em processos históricos, e compreender esses contextos passados pode fornecer direções e soluções para os desafios contemporâneos. Nesse aspecto, um paleoterritório reflete a fase antrópica dos processos climatobotânicos que influenciam diretamente as condições

geoecológicas nas paleodunas, destacando o papel essencial das comunidades tradicionais e ribeirinhas nesse cenário.

O marco metodológico fundamentou-se nos métodos ecodinâmico e GTP (Geossistema-Território-Paisagem). Trata-se de uma pesquisa qualitativa, exploratória, bibliográfica e de campo, sendo realizado um mapeamento fotogramétrico a partir de uma Aeronave Remotamente Pilotada (RPA), do tipo quadricóptero, equipada com um sensor óptico de alta resolução. As imagens de satélite foram adquiridas através do *software* SAS *Planet*, vinculado ao provedor *Bing Maps*, da *Microsoft*, e configuradas com zoom de 20x e projeção no sistema WGS84 *LatLong*.

Dentre os principais resultados encontrados destacam-se o desenvolvimento de um sólido PCA; o uso de tecnologias avançadas na caracterização integrando imagens de satélite e dados geográficos; a recomendação de diferentes Planos de Manejo adaptados ao estado de estabilidade das áreas; a indicação da preservação de registros paleoclimáticos; e a utilização da área em conformidade com normas legais.

Após análise dos achados da pesquisa concluiu-se que as mudanças paleoambientais, ocorridas na superfície terrestre durante o Quaternário deixaram inúmeras evidências e indicadores naturais que preservam os registros das condições climatobotânicas e geoecológicas pretéritas, que explicam os registros dos ambientes no passado, funcionando como arquivos naturais. Nesta perspectiva, este artigo está estruturado em cinco seções: a primeira é a introdução; a segunda traz uma revisão teórico-conceitual; a terceira apresenta o marco metodológico composto por materiais e métodos e a área de estudo; na quarta, por sua vez, são discutidos os achados da pesquisa bibliográfica e de campo; e por fim, é apresentada as considerações finais contendo a conclusão e indicações do estudo, seguida da lista de referências utilizadas para embasar tal estudo.

MARCO TEÓRICO-CONCEITUAL

Um paleoterritório representa a configuração espacial de elementos ambientais moldados pelas interações de populações antigas com o meio ambiente, englobando tanto aspectos humanos quanto características físicas e biológicas. Questões ambientais urgentes nos dias de hoje, como a conservação da biodiversidade, as alterações climáticas e a busca pela sustentabilidade, possuem raízes em processos históricos, sendo que o entendimento desses contextos passados pode oferecer direções e soluções para superar os desafios contemporâneos. Neste aspecto, um paleoterritório representa, a fase antrópica dos processos naturais e biológicos que influenciam diretamente a regeneração das florestas, sendo que a

cultura das comunidades tradicionais exercem um papel fundamental nesse contexto (SANTOS *et al*., 2006; OLIVEIRA, 2008).

Caracterizar um paleoterritório, especialmente, os paleodunares, requer do pesquisador conhecimento interdisciplinar, visto que é necessário mergulhar em várias ciências e suas subáreas para compreender a dimensão desses paleoambientes. É imprescindível conhecer sobre a própria história da Terra, Éons, Eras, Períodos, Épocas e Idades, além de imergir em conhecimentos da Geologia, Geomorfologia, Climatologia, Ecologia, entre outras (PACHECO; MOREIRA; ARAÚJO, 2022).

Com o passar do tempo, a sequência de usos do espaço deixa vestígios, que se organizam territorialmente e se sobrepõem, configurando os paleoterritórios. Esta definição se apresenta aqui como um artefato do processo sucessional, devendo ser compreendida como a expressão espacial dos efeitos ecológicos resultantes da utilização dos ecossistemas por sociedades do passado em sua busca por meios de sobrevivência. Quando se trata da organização dos ambientes florestais, ou seja, da disposição espacial das comunidades biológicas, a identificação de paleoterritórios pode oferecer importantes *insights* para sua compreensão. Novamente, destaca-se o papel essencial das populações tradicionais nos processos de ocupação e modificação dessas áreas ao longo do tempo.

Deste modo, a compreensão das evidências geológicas e geomorfológicas, assim como da estratigrafia e das variações paleoambientais de forma geral, torna-se fundamental para entender a complexidade da formação desses paleoambientes, cuja origem, neste contexto, remonta ao Período Quaternário. O Quaternário, é parte da Era Cenozoica e representa o período mais recente na história do planeta. Além de ser definido bioestratigraficamente pelos elementos faunísticos e florísticos que predominam entre as formas vivas, também é conhecido como a era do ser humano (SUGUIO, 1999).

Contudo, o surgimento da espécie humana possui vínculos inalienáveis com a história natural, pois, sua sobrevivência dependeu e deverá continuar bastante subordinada à natureza. Desse modo, o Quaternário também representa o período de intensificação das atividades antrópicas, onde as transformações se processam na natureza em diferentes escalas temporais, sendo que a mais recentes acabam por encobrir as mais antigas, que na maioria das vezes, necessitam de um estudo mais apurado a partir de tecnologias, para que possam ser entendidas e comprovadas (PACHECO; MOREIRA; ARAÚJO, 2022).

Segundo Suguio (1999), o principal objetivo de investigar os eventos do Quaternário baseia-se em alguns pressupostos: 1. Utilizar os conhecimentos adquiridos sobre o Quaternário nas pesquisas das ciências ambientais; 2. Tentar antecipar a ocorrência futura de certos fenômenos naturais, sejam eles provocados ou não pela ação humana; 3. Relacionar as atividades econômicas da indústria e da agricultura, que se concentram, principalmente, em áreas de planícies fluviais e costeiras. Dessa forma,

o estudo do Quaternário permite criar uma ligação entre um passado geológico recente e o presente, com o intuito de formular previsões para o futuro.

Este autor aponta ainda que, de acordo com a teoria do uniformitarismo, "o presente é a chave para entender o passado" e sugere que é razoável inferir que o passado geológico recente e o presente podem servir como fundamentos para o futuro" (SUGUIO, 1999, p. 26). Ele também destaca a importância de uma abordagem multidisciplinar e interdisciplinar, afirmando que, para entender a complexa dinâmica que envolve a atmosfera, a biosfera, a geosfera e a hidrosfera ao longo do tempo, é essencial promover interações entre diversas áreas do conhecimento, como geomorfologia, paleontologia, climatologia, oceanografia, pedologia, vulcanologia, glaciologia, limnologia, palinografia, entre outras.

Nesse aspecto, traz-se a partir de agora uma breve descrição do estado da arte da temática central, bem como, se faz uma análise e caracterização de paleoterritórios, em especial, de paleodunas, visto que são de extrema relevância no desvendamento das paisagens no presente, sejam elas na Terra, ou em outro planeta, assim como, seja em nível internacional ou nacional/regional/local.

Neste viés, compreende-se que a cronologia de todo e qualquer complexo paleodunar foi, de alguma maneira, afetada pelas variações climáticas, ao longo do tempo geológico, sendo que, suas características foram sendo lapidadas, reelaboradas e retrabalhadas pela erosão ou pelo material sedimentar que as cobre. Essa dinâmica, carece ser preservada, juntamente com os registros de paleoventos e paleoclimas necessários para esclarecer as tessituras das paisagens em seu processo de desenvolvimento e evolução (SANTOS *et al*., 2025).

O estudo das dunas eólicas litificadas em Marte, particularmente, na região de Apollinaris Sulci, oferece indicadores para compreensão dos processos eólicos antigos e as condições paleoeólicas durante períodos anteriores da história climática marciana. As "paleodunas" preservadas nesta região apresentam morfologias complexas, incluindo cristas que variam de 100 metros a 7 quilômetros de comprimento, sugerindo uma diversidade significativa nos processos de formação e preservação dessas estruturas.

Conforme Hunt *et al*. (2022, p. 1) o campo de dunas eólicas litificadas nesta região de Marte, "apresenta uma oportunidade única para estudar processos eólicos antigos e condições paleoeólicas durante um episódio anterior da história climática marciana". Neste aspecto, a litificação de leitos eólicos é uma explicação plausível para os padrões observados nas dunas preservadas em Marte. Diversos cenários no planeta vermelho apresentam leitos preservados, cuja escala das cristas, incluindo alturas e espaçamentos, é análoga às cristas eólicas transversais. Essas paleodunas sofreram endurecimento e foram significativamente erodidas por ventos recentes, resultando em uma textura erosiva semelhante à de *yardangs* sobreposta à morfologia de dunas ancestrais.

Ainda de acordo com Hunt *et al*. (2022) estes campos de dunas preservadas apresentam morfologias crescentes e barcanas marginais com cristas variando de 100 m a 7 km de comprimento. Corroborando, Runyon *et al*., (2020) aponta que a litificação de leitos eólicos é uma maneira de explicar os padrões observados nas dunas preservadas em Marte. Diversos cenários em Marte apresentam leitos preservados, cuja escala das cristas, incluindo alturas e espaçamentos, é análoga às TARs (*Transverse Aeolian Ridges*). Este autor acrescenta ainda que essas paleodunas sofreram consolidação e foram significativamente erodidas por ventos recentes, resultando em uma textura erosiva semelhante à de *yardang* sobreposta à morfologia de dunas mais remotas. Runyon *et al.* (2020, p. 495) reitera que os depósitos de tons claros, e em particular as cristas e deltóides, "como paleodunas endurecidas com origem vulcanoclástica foram erodidas em proto-yardangs modernos situados sobre fluxos de lava anteriores na Síria (Oriente Médio) e na Daedalia Planum (planície em Marte)".

No Brasil, é muito comum associar-se os termos "dunas" e "paleodunas" as áreas litorâneas, tipicamente costeiras, banhadas pelo oceano Atlântico, que contornam parte do país, reconhecido internacionalmente por ter belas praias, especialmente, as da região Nordeste. A faixa de areias (dunas) acompanham o litoral brasileiro por 7.491 km, iniciando no Cabo Orange, no Amapá, na divisa com a Guiana Francesa, e terminando no Arroio Chuí, no Rio Grande do Sul, na divisa com o Uruguai.

No que concerne aos Campos de Paleodunas do rio São Francisco no Brasil, estas têm sua gênese flúvio-eólica e representam um importante testemunho das evoluções geológicas e geomorfológicas locais, atribuíveis às alternâncias paleoclimáticas do Quaternário do Nordeste brasileiro. No entanto, essas áreas são consideradas fortemente instáveis, indicando a existência de amplos processos de degradação e, consequentemente, descaracterização dos paleoambientes. Por conseguinte, é crucial demonstrar à comunidade local a origem destes paleoecossistemas e a necessidade de medidas urgentes de conservação para mitigar os impactos ambientais já em curso (PACHECO *et al.*, 2020).

Segundo Pacheco *et al.* (2020), infelizmente, em pontos diferentes, já existem várias áreas consideradas fortemente instáveis, onde o trabalho da morfogênese é superior ao da pedogênese. Os campos de paleodunas inativas do rio São Francisco representam um sítio muito importante, testemunho de evoluções geológicas e geomorfológicas locais, em grande parte, atribuíveis às alternâncias paleoclimáticas do Nordeste brasileiro durante o Quaternário (PACHECO, 2021). Pesquisas de Araújo *et al*. (2021), endossam tais afirmações, reforçando que:

> Os principais resultados encontrados apontam para a imprescindível necessidade de demonstrar à comunidade do entorno, aos ribeirinhos, pescadores e autoridades constituídas do município, a origem deste paleoecossistema, como ele levou milhões de anos para se formar, e sugerir sugestões sobre como será impossível implementar medidas urgentes de conservação da área

> mediante os impactos ambientais já causados no paleoecossistema pesquisado, visando mitigar os impactos decorrentes da falta de gestão socioambiental na respectiva área, sendo urgente a implantação de uma PCA (ARAÚJO *et al*., 2020, p. 214).

Ainda no território brasileiro, o Campo de Paleodunas de Inhanduí, localizado no extremo sul do Brasil, foi caracterizado por paleodunas silicificadas da Formação Botucatu. Estudos de Hartmann e Cerva-Alves (2021) utilizando trabalho de campo, seções de poços, interpretação de imagens, espectrometria gama, análises geoquímicas e seções delgadas de rochas vulcânicas foram realizados para caracterizar este campo. A área, ao longo da fronteira com o Uruguai e a Argentina, exibe estruturas variadas em planta e relevo suave, com paleodunas expostas na superfície após a erosão de camadas de lava. De acordo com Hartmann e Cerva-Alves (2021), campos paleodúnicos cretáceos foram expostos na superfície após erosão de presumidos 3000 m de lavas. A raridade das relações geológicas deixa em aberto muitas questões sobre a evolução de um dos maiores paleoergs da história da Terra (1,2 milhão de km²) coberto por lavas de uma das maiores províncias continentais (1,0 milhão de km²). Haag, Philipp e Scherer (2021) corroboram apontando que existe um campo de Paleodunas Cretáceas silicificadas da Formação Botucatu, no extremo sul do Brasil, denominado Campo de Paleodunas de Inhanduí (IPDIN), e caracterizando-os a partir de trabalho *in loco* e outras técnicas adequadas.

Segundo Hartmann e Cerva-Alves (2021) a extensa exposição de paleodunas cretáceas parcialmente cobertas por rochas basálticas tem uma estrutura superficial rara na geomorfologia dos continentes. Neste aspecto, a Bacia do Paraná oferece a oportunidade, no extremo sul do Brasil, de estudar as relações entre a principal paleoergia de Botucatu, transformada no Aquífero Guarani (1,2 milhão de km²), e os primeiros fluxos sobrejacentes da Província Vulcânica do Paraná (1 milhão de km²). De acordo com estes autores, os tipos de dunas encontradas no paleoerg de Botucatu foram diferenciados pela observação de suas formas de planura, linhas de crista e número de faces de deslizamento presentes, identificadas a partir de imagens de satélite.

Destaca-se também o Campo Paleodúnico de San Luis, parte do “Mar de Areia Pampeano” no oeste da Argentina, sendo considerado um ambiente mésico com precipitação anual significativa e temperaturas médias moderadas. Esta paleopaisagem é altamente cultivada, mas ainda apresenta vegetação nativa de savana em algumas áreas. Depósitos de lençóis de areia indicam deposição quase contínua ao longo de milênios, com condições consideravelmente mais secas inferidas para este período.

Sobre estes campos, Forman, Tripaldi e Ciccioli (2014), apontam que os ambientes paleodúnicos de San Luis faz parte de um sistema eólico maior, presumivelmente do Quaternário tardio, que cobre a maior parte da Argentina central, sendo um ambiente com aproximadamente 730 mm de precipitação anual e temperaturas média e máxima de 17°C e 24°C, respectivamente. Trata-se de uma paisagem

altamente modificada e com solos superficiais bem desenvolvidos. Na Província de San Luis, oeste da Argentina, depósitos de lençóis de areia são onipresentes, a estratigrafia, a sedimentologia e datação por luminescência estimulada opticamente (OSL) em grãos de quartzo, indicaram deposição quase contínua de aproximadamente 12 a 1 mil anos atrás (no final do século XX). A petrografia e a geoquímica dos sedimentos eólicos indicam a fonte de partículas provenientes da retrabalhamento de depósitos mais antigos do Pleistoceno tardio, com condições consideravelmente mais áridas (FORMAN; TRIPALDI; CICCIOLI, 2014).

Ademais, o desenvolvimento econômico e as perturbações antrópicas podem afetar a viabilidade populacional de vertebrados em ecossistemas impactados pelo homem. Em New Jersey Pinelands nos Estados Unidos, as clareiras, aberturas e paleodunas de florestas de pinheiros são importantes para a nidificação de cobras-do-pinheiro, mas estão sob risco devido a veículos *off-road*. Este exemplo ilustra a importância de preservar esses ecossistemas únicos para a manutenção da biodiversidade. Conforme Burger *et al*. (2021) os efeitos sobre o comportamento e a dinâmica populacional de répteis não são bem estudados em ambientes urbanos. Uma pesquisa destes autores examinou a importância de clareiras, aberturas e paleodunas de florestas de pinheiros para nidificação de cobras-do-pinheiro (*Pituophis melanoleucus*) em New Jersey Pinelands, e concluiu que o risco para fêmeas e filhotes nidificantes estão diretamente ligadas aos veículos *off-road* que circulam na área.

Nos Emirados Árabes Unidos pesquisas de Hadley, Brouwers e Bown, (2020), destacam os depósitos remanescentes de paleodunas, compostos por carbonato e material siliciclástico, estão expostos ligeiramente para o interior e ao longo da costa do Golfo Pérsico, no Emirado de Abu Dhabi. Esses depósitos paleodúnicos são formalmente denominados Formação Ghayathi. As paleodunas recobrem sedimentos *paleosabkhah* do Pleistoceno Médio ou sedimentos não marinhos da Formação Baynunah do Mioceno. Outrossim, os depósitos paleodúnicos subjazem a areias interdunares e marinhas do Pleistoceno Superior e a areias dunares siliciclásticas modernas, em que as magnitudes dessas paleodunas são estimadas em até 100 metros, com base em leitos basais remanescentes de florestas e em depósitos de arenito interdunares associados, sendo estes últimos formalmente designados de Formação Aradah (HADLEY; BROUWERS; BOWN, 2020).

Neste aspecto, a análise das paleodunas em diferentes regiões do mundo, incluindo Marte, Brasil, Argentina e Emirados Árabes Unidos, revela a complexidade dos processos climáticos e a importância de preservar esses ecossistemas únicos e vulneráveis às ações antropogênicas contemporâneas. A compreensão desses processos pode fornecer *insights* valiosos sobre as condições paleoclimáticas e a evolução geológica ao longo do tempo, destacando a necessidade de medidas de preservação e de conservação visando a proteção destes extraordinários registros naturais.

Muito embora as investigações atinentes ao período Quaternário tenham alcançado, em nível mundial, notável amplitude e profundidade, Suguio (1999) que no Brasil ainda se acham em estágio incipiente, carecendo de sistematização, amplitude e vigor científico. Tal panorama levou o referido estudioso a distinguir o progresso dessas pesquisas em três momentos históricos: a primeira fase, que segundo ele corresponde ao período inaugural, desde os primórdios das descobertas até as primeiras décadas do século XX; a segunda, compreendendo o intervalo entre essas décadas iniciais e o ano de 1970; e, por fim, a terceira etapa, que se estende desde 1971 até os dias correntes.

Respaldado nessas premissas, destaca-se que as significativas mudanças paleoambientais que ocorreram na superfície da Terra durante o Quaternário, especialmente, aquelas de caráter paleoclimático, geraram diversas evidências relacionadas a fenômenos naturais, que mantêm um registro das condições passadas, e indicando a gênese e evolução destes artefatos paleonaturais.

Reitera-se que no território brasileiro, os depósitos eólicos em atividade podem ser categorizados em duas principais classes. A primeira, conforme definida por Giannini *et al.* (2005), inclui as dunas livres e os lençóis de areia; a segunda corresponde às dunas semifixas ou vegetadas, restritas às regiões litorâneas. Para Pacheco (2020) os campos de dunas livres são compostos por grandes massas de areia isoladas em constante movimentação, enquanto os lençóis de areia representam formações eólicas móveis, sem sobreposição de dunas e com relevo pouco acentuado.

Ressalta-se também que o Brasil abriga três regiões específicas com presença de dunas eólicas interiores, conforme apontado por Giannini *et al.* (2005), que têm sido objeto de diversas investigações científicas. Essas formações estão localizadas no baixo Rio Negro (AM), no Pantanal (MS) e na região do médio rio São Francisco (BA), sendo esta última região o foco principal do presente estudo.

Segundo Oliveira *et al*. (2005), há dois importantes registros paleológicos que evidenciam transformações na vegetação e no clima da caatinga brasileira: um registro continental localizado nos campos de dunas fósseis do médio rio São Francisco (BA) e outro, composto por sedimentos marinhos, situado a leste de Fortaleza (CE). As informações relacionadas aos campos paleodunares abordados neste estudo revelam sedimentos com datação aproximada de 10.990 anos A.P., indicando um cenário climático completamente diferente do atual. Durante a transição do Pleistoceno para o Holoceno, até cerca de 10.540 anos A.P., o clima da região era úmido e ligeiramente mais frio, o que favoreceu o desenvolvimento de uma floresta tropical densa, com características semelhantes às das florestas Amazônica e Atlântica.

De forma geral, os depósitos eólicos ativos presentes no Brasil podem ser agrupados em duas categorias principais. A primeira, mais notável pela sua grande extensão e volume, compreende os campos de dunas livres e os lençóis de areia. A segunda categoria refere-se às dunas “semifixas” ou

cobertas por vegetação, englobando as dunas frontais incipientes (embrionárias) e as já consolidadas, que ocorrem exclusivamente em zonas costeiras. Também fazem parte dessa tipologia as rupturas de deflação (*blowouts*), que, ao se alongarem, originam dunas parabólicas com marcas lineares residuais conhecidas como *trailing ridges*, além dos retrocordões (*gegenwalle*) e dos montículos (*nebkhas*) (CLAUDINO SALES, *et al*., 2005).

Portanto, nos paleoterritórios pesquisados tem-se depósitos eólicos associados a depósitos fluviais, elaborados e transportados pelo rio São Francisco (coadjuvado pelos processos eólicos) em um dado momento da história geológica, e com características totalmente adversas da atual, tendo as paleodunas sido trabalhadas pela vegetação, ficando assim estabilizadas, contudo, com elevado índice de vulnerabilidade socioambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Lócus da investigação

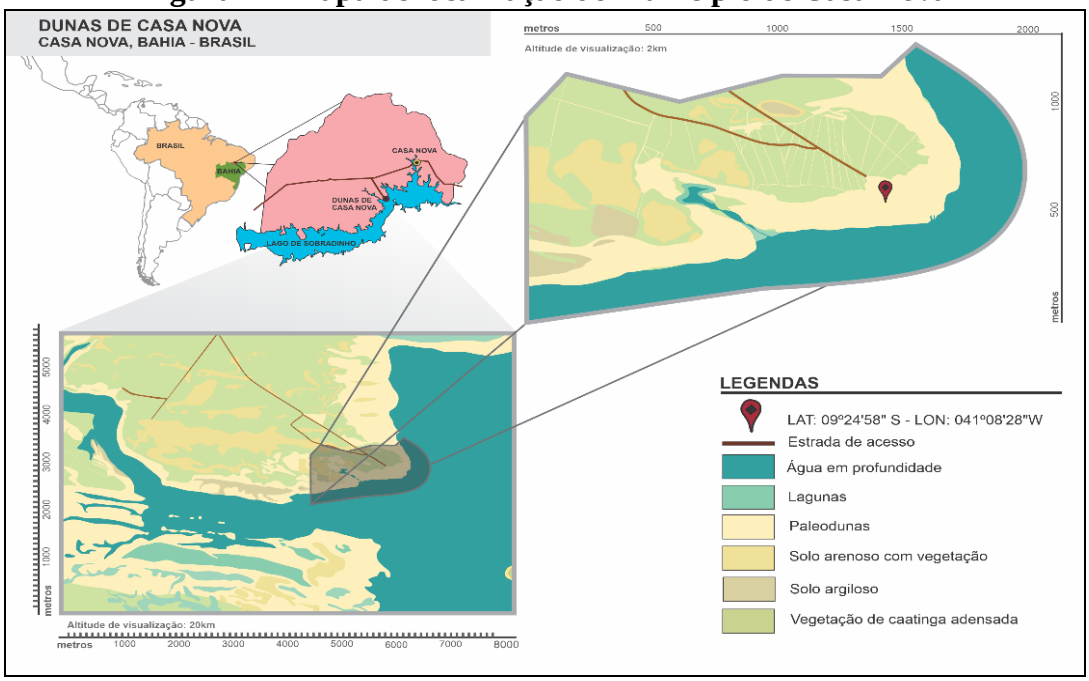
O município de Casa Nova, integrante do Estado da Bahia, assenta-se sob as coordenadas geográficas de 9°24'29" de latitude S e 41°9'29" de longitude W. Ergue-se a uma altitude de 397 metros acima do nível do mar, em região onde predomina o clima semiárido, cujas características impõem-se sobre a paisagem e os modos de vida locais.

O município em questão possui uma área territorial de 9.647 km², conforme apresentado na figura 1. De acordo com o censo de 2022 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sua população era de 72.086 habitantes, com estimativas indicando um crescimento para 2024 de atingir um total de 75.815 hab.. A densidade demográfica do município é de 7,47 hab./km². Está localizado na Mesorregião do Vale São Franciscano e faz parte da Microrregião de Juazeiro, além de integrar a Região Integrada de Desenvolvimento do Polo Petrolina/PE-Juazeiro/BA (RIDE). É válido ressaltar que uma significativa porção de seu território se estende ao longo das margens do Lago de Sobradinho, cuja presença exerce forte influência sobre os aspectos físicos e socioeconômicos da região (IBGE, 2022).

O paleoterritório, objeto deste estudo, está inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago de Sobradinho. Localiza-se entre as coordenadas 9º24'58" e 9º25’16" de latitude sul, e 41º08'18" e 41º08’51" de longitude oeste, às margens do rio São Francisco e próxima à Serra do Frade. A região faz fronteira com diversos municípios baianos, traçando uma rota que inclui Xique-Xique, Barra, Pilão

Arcado, Remanso, Sento Sé e Casa Nova. A área pesquisada abrange aproximadamente 1.000 hectares (PACHECO; MOREIRA; ARAÚJO, 2022).

Figura 1 – Mapa de localização do município de Casa Nova



Fonte: Elaboração própria.

Marco metodológico

Os métodos de pesquisa utilizados neste estudo incluem uma abordagem qualitativa, exploratória, bibliográfica e de campo, aliada aos métodos dialético, ecodinâmico e GTP para realizar uma análise aprofundada e contextualizada dos fenômenos estudados.

A localização geográfica foi determinada a partir da combinação dos dados *Exchangeable Image File Format* (EXIF) extraídos das imagens capturadas pela Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) com as informações geográficas fornecidas pelas imagens de satélite, configuradas com *zoom* de 20x e projeção no sistema WGS84 LatLong. Os arquivos gerados foram armazenados no formato JPG (*Joint Photographic Experts Group*). A coleta dos dados relativos às coordenadas geográficas e à altitude de cada imagem foi realizada por meio da análise dos metadados EXIF presentes nos arquivos *Digital Negative* (DNG). Esses metadados fornecem detalhes sobre as especificações técnicas de cada imagem.

Em relação aos procedimentos de levantamento de dados a pesquisa fez uso de tecnologias avançadas, como RPA e o *software* SAS *Planet*, vinculado ao provedor *Bing Maps* da *Microsoft*, configurado com *zoom* de 20x e projeção no sistema WGS84 *LatLong*, para obter dados precisos e de

alta resolução. A integração de imagens de satélite e dados geográficos garantiu a precisão na localização e análise dos territórios paleodunares.

No processo de fotogrametria da área, as imagens registradas pelo sensor CMOS do RPA foram capturadas no formato DNG, utilizando o modo de fotografia *High Dynamic Range* (HDR) com sequência contínua de três quadros. As fotos apresentaram resolução de 12 MP, padrão 16:9 (4056×2280 *pixels*) e ISO ajustado manualmente para 100. Cada sequência de disparo no modo HDR gerou três arquivos, os quais foram posteriormente fundidos no *software Adobe Photoshop* CC 2019 e convertidos para o formato *Portable Network Graphics* (PNG).

O mapeamento aéreo possibilitou uma avaliação detalhada da paisagem e de seu ordenamento/desordenamento, funcionando como um instrumento essencial para indicar e justificar a necessidade de uma ação interventiva, a ser desenvolvida com base no Plano de Conservação Ambiental (PCA) voltado para a área analisada. De modo geral, a região estudada apresenta um perímetro estimado de 500m^2, formando um polígono de aproximadamente 2 km², com captação de imagens abrangendo uma área visual de cerca de 50 km².

Foram considerados, assim, os critérios técnicos estabelecidos na legislação vigente durante a formulação do Plano de Conservação Ambiental (PCA), além dos métodos ecodinâmico e GTP. Esses procedimentos permitiram a obtenção de dados precisos e de alta resolução, essenciais para a elaboração de um plano robusto e fundamentado (PACHECO; MOREIRA; ARAÚJO, 2022). O PCA contempla a descrição das condições edafoclimáticas, hidro-geomorfológicas, histórico-sociais e socioeconômicas da área, com o objetivo de incentivar a população local a adotar práticas que minimizem os impactos ambientais. Além disso, são apresentadas propostas voltadas à gestão adequada do uso e ocupação dos paleoterritórios dunares.

Os procedimentos de análise de dados utilizados nesta pesquisa incluíram uma abordagem interdisciplinar, em que, para análise dos dados elaborados a partir da RPA integrado às imagens de satélite e dados geográficos dos territórios paleodunares, utilizou-se o método ecodinâmico de Tricart (1977) e o método GTP de Bertrand e Bertrand (2007), permitindo assim, uma análise aprofundada e contextualizada dos fenômenos estudados.

No que concerne ao perfil de dados primários e secundários utilizados neste estudo, tem-se os seguintes: *a) Dados Primários*: i) Imagens de alta resolução obtidas por Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA); ii) Observações de campo realizadas nas áreas paleodunares; iii) Dados geográficos coletados diretamente das regiões estudadas; *b) Dados Secundários*: i) Imagens de satélite integradas e analisadas através do *software* SAS *Planet*; ii) Referências bibliográficas sobre mudanças climáticas,

paleoclimatologia e paleoterritório; iii) Normas e regulamentos do Novo Código Florestal do Brasil, além de Resoluções e Decretos relacionados à Área de Proteção Ambiental (APA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os achados deste estudo estão descritos conforme elencado no tripé metodológico (problema-objetivo-métodos). Neste sentido, fez-se a caracterização geohistórica da área pesquisada, detalhando aspectos cruciais do rio São Francisco e de seus paleoterritórios. Também se delineou a caracterização climatobotânica e geoecológica da área, ressaltando características do clima, vegetação, altimetria dos paleoterritórios; geologia e geomorfologia (tipos de solos, relevo, unidades geoambientais); além dos aspectos hidrográficos (regiões fisiográficas, rede de drenagem e pluviosidade). Entretanto, além da caracterização da área, foi elaborada uma *Proposta de Conservação Ambiental* (PCA) sugestiva ao Zoneamento Ambiental, destacando a intensa ocupação da área de APP, e esboçando-se um PCA para cada categoria de área/unidade paleoterritorial.

Caracterização geohistórica

- ***O Rio São Francisco e seus Paleoterritórios***

Compreender as particularidades locacionais da área em análise, bem como o valor inestimável do rio São Francisco, requer a imersão em referências teóricas clássicas. Um exemplo notável é a obra "O Rio São Francisco e a Chapada Diamantina", fruto das contribuições do geógrafo e naturalista Teodoro Sampaio, elaborada durante sua participação na Comissão Hidráulica, responsável por estudar os portos e a navegação fluvial no interior do Brasil. Nesta obra, o autor apresenta, de maneira inovadora, relatos detalhados de suas experiências em campo, os quais antecipam aquilo que mais tarde se consolidaria como "o discurso imagético associado à Região Nordeste: a pobreza dos retirantes, marcada pela inércia e pela apatia, o forte misticismo religioso e a violência ligada ao coronelismo" (SÁ, 2018, p. 07). Na ótica de Sá (2018):

> Se hoje no cenário territorial nordestino a fome e a miséria ainda constituem elementos marcantes, há quase 130 anos o referido geógrafo nos descreve esse quadro de maneira pungente, muito embora sem tocar nos fatores sociais e históricos à sua feitura e funcionalidade. E nos atendo ao presente, denota-se que nessa escala espaço/temporal poucas ações políticas efetivas foram executadas com vista à superação estrutural das desigualdades sócio territoriais vigentes nesse fragmento do território brasileiro (SÁ, 2018, p. 07).

Desse modo, na interpretação de Sá, Teodoro Sampaio enxerga o rio São Francisco como uma espécie de "salvação" para o Nordeste, seja por meio da implantação de grandes empreendimentos agropecuários — caracterizados por elevado investimento e seletividade —, seja como fonte de abastecimento hídrico para o Semiárido, viabilizada por complexos sistemas de transposição (SÁ, 2018). O autor ainda destaca que, nesse valioso e pioneiro "trabalho de campo", Sampaio aborda três temas que, de certo modo, continuam a moldar o imaginário e o discurso sobre o Nordeste: a religiosidade, o coronelismo e o fenômeno do cangaço ou jaguncismo.

Com base nessas premissas, é relevante destacar que diversos naturalistas e viajantes que percorreram o Vale do São Francisco descreveram os elementos naturais que envolvem o rio. Entre esses relatos, destaca-se a narrativa de Burton (1977), que conferiu grande relevância à representação da natureza. Sua intenção de contribuir com o conhecimento científico torna-se evidente ao afirmar que qualquer naturalista que se dedique ao estudo da ictiologia do São Francisco certamente obterá resultados significativos em suas investigações.

O mesmo naturalista destacou algumas das espécies de peixes encontradas no rio São Francisco, como *Pseudoplatystoma corruscans* (surubim), *Hoplias malabaricus* (traíra), *Prochilodus costatus* (curimatã), *Pygocentrus piraya* (piranha), *Rhinelepis aspera* (cari), *Duopalatinus emarginatus* (mandim), Conorhynchos conirostris (pirá) e *Pachyurus francisci* (curvina). Além da ictiofauna, Burton também ressaltou a diversidade da fauna presente na região sanfranciscana, uns endêmicos da caatinga, outros da América do Sul, mencionando animais como o *Kerodon rupestris* (mocó), *Penelope jacucaca* (jacu), *Mazama gouazoubira* (veado), *Patagioenas picazuro* (pomba), *Panthera onca* e *Puma concolor* (onças – pintadas e pardas), répteis entre outros que são típicos desse ecossistema.

A título de comparação, se apresenta aqui a pesquisa de Burger *et al*. (2021) realizada nas Pinelands de New Jersey (EUA). Estes relatam que o avanço do desenvolvimento urbano tem levado as *Pituophis melanoleucus* da família *Colubridae* (cobras-do-pinheiro nidificantes) a utilizarem, principalmente, paleodunas localizadas nas regiões mais internas da floresta a sudoeste dos EUA. No entanto, essas áreas estão altamente, ou muito altamente, expostas à atividade antrópicas, com uma incidência que atinge 43%. Esse cenário, segundo eles, levanta preocupações sobre a viabilidade das populações desses répteis frente à contínua influência humana e ao uso intensivo e degradante nas paleodunas.

Retomando à pesquisa de Sampaio (2002) na área foco deste estudo, ele relata que Casa Nova era uma vila modesta sob o domínio da família Vianna, cuja economia se sustentava principalmente na produção de sal. Conforme o autor, não apenas em Casa Nova, mas também no trecho entre Cabrobó e Xique Xique, existiam inúmeras salinas, muitas das quais permaneciam ignoradas e pouco valorizadas.

Ele observa até que o sal era processado de maneira bastante rudimentar, utilizando instrumentos de madeira, o que resultava em um produto impuro, com textura escamosa e elevado teor de magnésio, característica esta que poderia causar efeitos adversos à saúde. Sampaio considerava que o sal era, o principal motor da economia local no período em que Casa Nova ainda era apenas um pequeno povoado.

Caracterização climatobotânica e geoecológica

- ***Clima e Vegetação***

O clima predominante em Casa Nova é o *BSwh*, segundo o sistema de Köppen, caracterizando a região como semiárida, com temperatura média anual oscilando entre 18°C e 27°C, apresentando baixos níveis de nebulosidade e alta exposição à radiação solar (CBHSF, 2015).

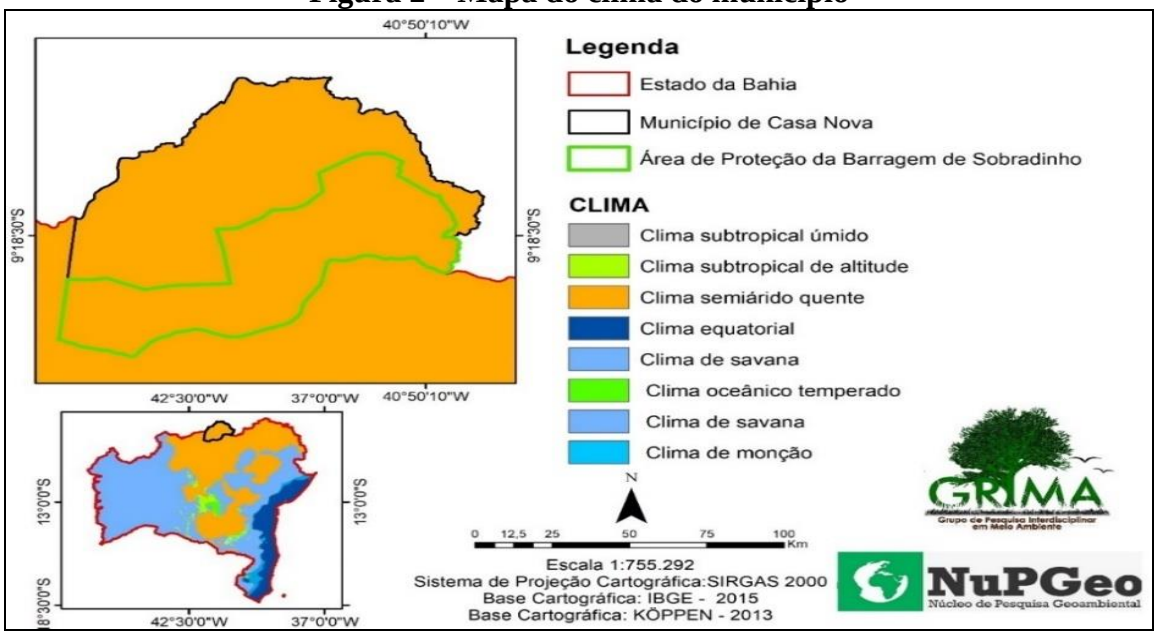
A pluviosidade é extraordinariamente variável, sendo março o mês de maiores anotações pluviométricas. Há a predominância da estação seca de aproximadamente 6 a 8 meses, podendo chegar até 11 meses nas regiões de maior aridez. A média anual de precipitação é em torno de 500 mm distribuídos de maneira irregular (JACOMINE *et al*., 1976; JACOMINE *et al*., 1989), podendo ocorrer chuvas intensas (120 mm a 130 mm) em um intervalo de 24 horas (CUNHA, *et al*., 2019).

Neste aspecto, elementos e fatores do clima influenciam, direta e indiretamente, a dinâmica e modelado dos campos paleodunares, seja no Brasil ou no mundo. Um exemplo é a pesquisa de Hadley, Brouwers e Bown (2021) que desvendou que os montes de arenito interdunares da Formação Aradah no Oriente Médio apresentam inversão topográfica em relação aos paleodunares, ou seja, elevações que hoje se destacam na paisagem foram, em sua origem, depósitos planos de playas interdunares. A comparação dessas feições com as relações morfológicas atuais entre dunas e *playas* permite estimar, de forma relativa, a altura das antigas dunas. As direções dos paleoventos foram determinadas a partir dos estratos cruzados nas áreas paleodunares e interdunares, revelando um componente predominante do sudeste, com média de 147°, o que aponta para ventos quase unidirecionais com consistência tanto regional quanto estratigráfica. No caso do município de Casa Nova/BA, a figura 2 delineia o mapa climático.

As condições climáticas de uma área podem ser favoráveis ou não a diversas atividades. Vários foram os naturalistas que exploraram e documentaram os paleoterritórios do rio São Francisco e do seu entorno, em épocas passadas, entre eles Sampaio (1906) e Burton (1997), como dito anteriormente. Naturalmente, o que mais impressionou Burton durante suas jornadas foi a diversidade da vegetação

local, anotando, além de outras espécies: a *Cnidoscolus quercifolius* (faveleira), o *Salix babylonica* (salgueiro), a *Caesalpinia pyramidalis* (catingueira-de-porco), o *Cnidoscolus pubescens* (cansanção-maior), a *Tabebuia aurea* (caraíba do campo), o *Tacinga inamoena* (quipá), o *Melocactus zehntneri* (cabeça de frade), o *Pilosocereus gounellei* (xique-xique), o *Psidium cattleyanum* (araçazeiro) (BURTON, 1977).

Figura 2 – Mapa do clima do município

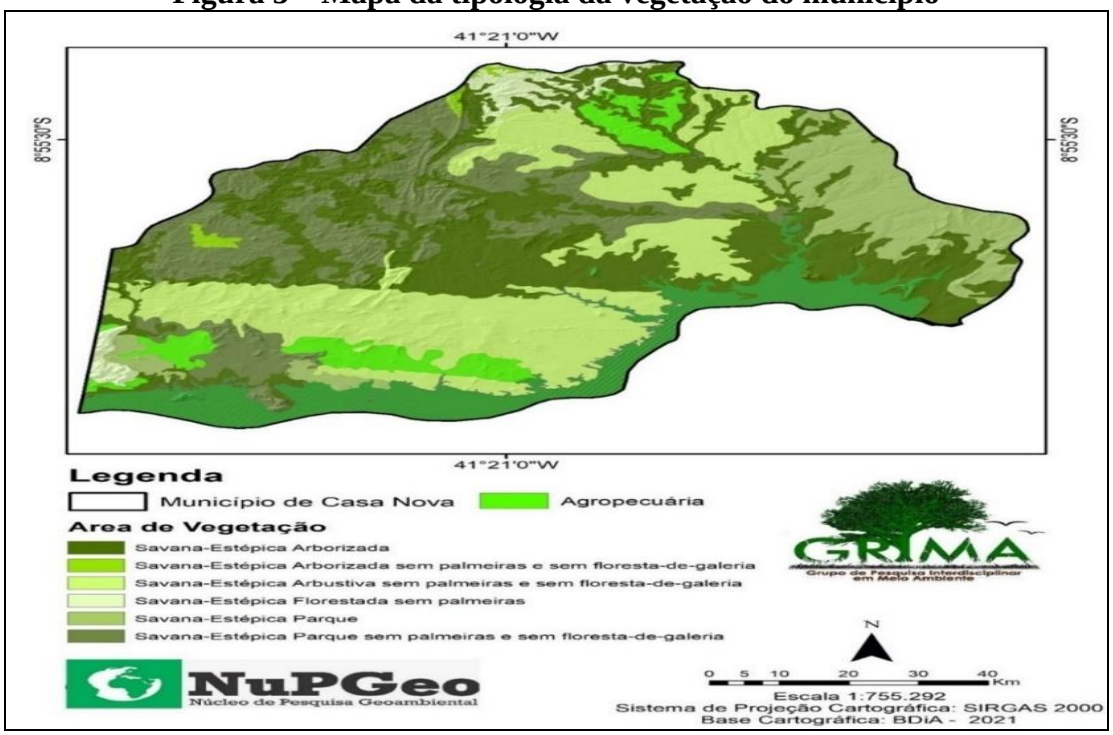


Fonte: Elaboração própria.

Além destes, registrou a presença de um flora típica dessa região, tais como, o *Pilosocereus pachycladus* (facheiro), o *Magonia pubescens* (tingui), o *Aspidosperma pyrifolium* (pau-pereiro), o *Neoglasiovia variegata* (caroá-rajado), a *Tabebuia aurea* (craibeira), a *Poincianella pyramidalis* (catingueira), a *Mimosa tenuiflora* (jurema-preta), a *Commiphora leptophloeos* (imburana), o *Anadenanthera macrocarpa* (angico), a *Achyrocline satureioides* (macela-do-campo), a *Stenocalyx dysentericus* (cagaita), o *Anacardium occidentale* (cajueiro), o *Hymenaea courbaril* (jatobá), a *Copernicia prunifera* (carnaúba), a *Plinia cauliflora* (jabuticabeira), o *Spondias tuberosa* (imbuzeiro), o *Byrsonima crassifolia* (murici), o *Mouriri pusa Gardner* (puçá), a *Hancornia speciosa* (mangabeira) e o *Cocos nucifera* (coqueiro) (BURTON, 1977), espécies típicas do ecossistema Caatinga.

A cobertura vegetal, original do médio e submédio São Francisco é representada por extensas áreas de caatinga (savana-estépica), conforme figura 3, que se constitui num tipo xerófito, isto é, com adaptações funcionais contra a escassez hídrica, desenvolvida em função do nível de precipitação pluviométrica da região do Semiárido brasileiro (PACHECO; MOREIRA; ARAÚJO, 2022).

Figura 3 – Mapa da tipologia da vegetação do município



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o mapa, a vegetação da área pesquisada se classifica como Savana-Estépica com as seguintes variações: a) arborizada; b) arborizada sem palmeira e sem floresta de galeria; c) arbustiva sem palmeira e sem floresta de galeria; d) florestada sem palmeiras; e) parque; f) parque sem palmeira e sem floresta de galeria.

Nesta tipologia vegetacional existem duas variações: 1. a caatinga arbórea aberta, que se distingue por possuir um estrato arbóreo denso com espécies que alcançam entre 8 e 10 metros de altura; e, 2. a caatinga arbórea densa, que apresenta uma cobertura lenhosa de estrutura aberta e de baixa estatura (MENDES, 2019). Toda essa vegetação contribui diretamente para a consolidação das areias nos campos paleodunares.

Cada área paleodunar possui características fisiográficas distintas, tendo perfil delineado de acordo com a ecodinâmica da paisagem. No caso das paleodunas de San Luis, que se estendem pela maior parte da região central da Argentina, conhecidas como “Mar de Areia Pampeano”, Forman, Tripaldi e Ciccioli (2014) as descreveram como uma série sobreposta de areias eólicas, exibindo variados níveis de deflação e reprocessamento eólico por explosão, além de dunas parabólicas que integram um sistema eólico tardio do Quaternário.

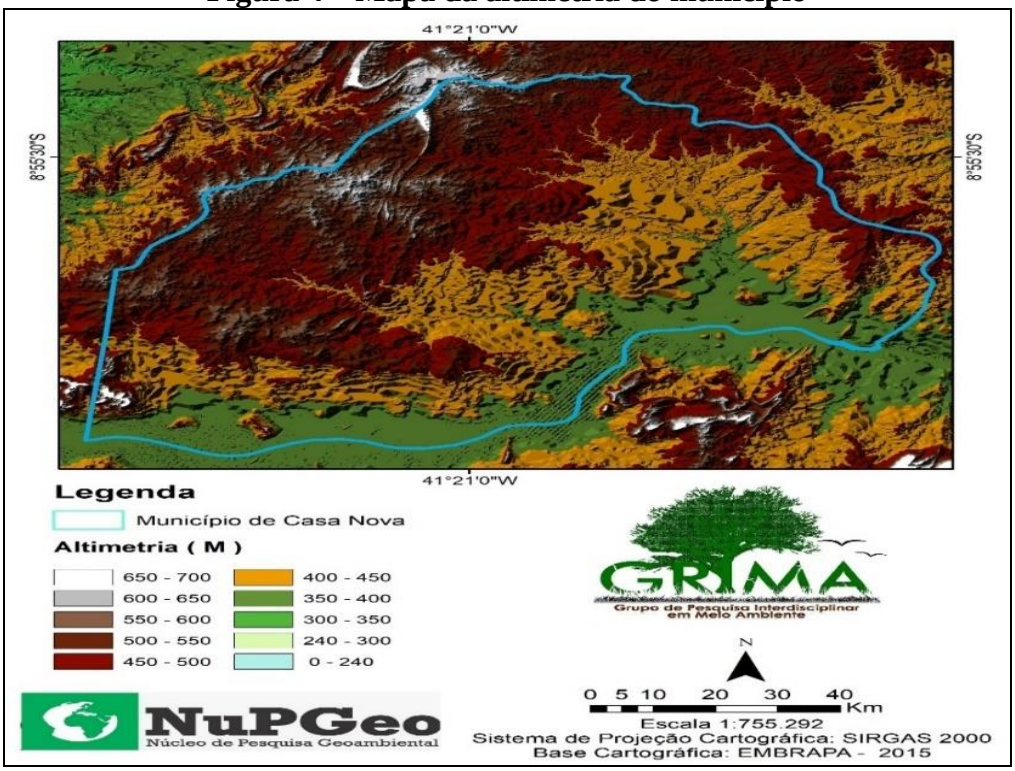
No Brasil, especialmente, nos paleoterritórios de Casa Nova as características fisiográficas segundo Andrade-Lima (1992), destaca a vegetação predominante do tipo xerófila, lenhosa e decídua, geralmente espinhosa, incluindo plantas suculentas, tanto em forma arbórea quanto arbustiva. Essa

vegetação varia de pouco densa a densa e possui um estrato herbáceo sazonal, caracterizando a caatinga hiperxerófila.

- **Altimetria dos Paleoterritórios**

No que tange à altimetria, que se ocupa do estudo e definição dos métodos e procedimentos para medir ângulos verticais e as variações de altura ou nível entre diferentes pontos do terreno, o município de Casa Nova apresenta uma variação altimétrica dos seus paleoterritórios que vai de 0 a 700 metros, conforme indicado na figura 4.

Figura 4 – Mapa da altimetria do município



Fonte: Elaboração própria.

A altimetria, também conhecida como levantamento altimétrico, é um método empregado para identificar as elevações de um terreno, registrando seu grau de inclinação. Esse processo é fundamental para obter informações precisas sobre o perfil topográfico da área estudada, permitindo a identificação de desníveis, acidentes geográficos naturais e outras características importantes da superfície. Com base nessas informações, é possível definir os procedimentos mais apropriados para o planejamento e execução de cada projeto. A altimetria paleodunar, se refere ao estudo das variações de altura e inclinação das antigas dunas, que foram moldadas por processos flúvio-.eólicos ao longo do tempo

geológico. Essas variações altimétricas são fundamentais para entender a formação e a evolução das paisagens paleodunares, bem como para identificar características topográficas específicas dessas áreas.

- **Geologia e Geomorfologia**

Na percepção de Sampaio (1906) o relevo de Casa Nova apresenta semelhanças com a zona anterior em relação à sua constituição geológica, destacando-se pela frequente presença de afloramentos de granito em meio à planície. É comum encontrar "diques de uma rocha avermelhada de base feldspática, semelhante ao arenito, e os solos são cobertos de seixos e de fragmentos de quartzo branco ou coroado de vermelho-ferrugem, com aspecto silicoso" (SAMPAIO, 1906, p. 23-24). Entretanto, o autor não descreve a metodologia utilizada para descrever a geologia da área.

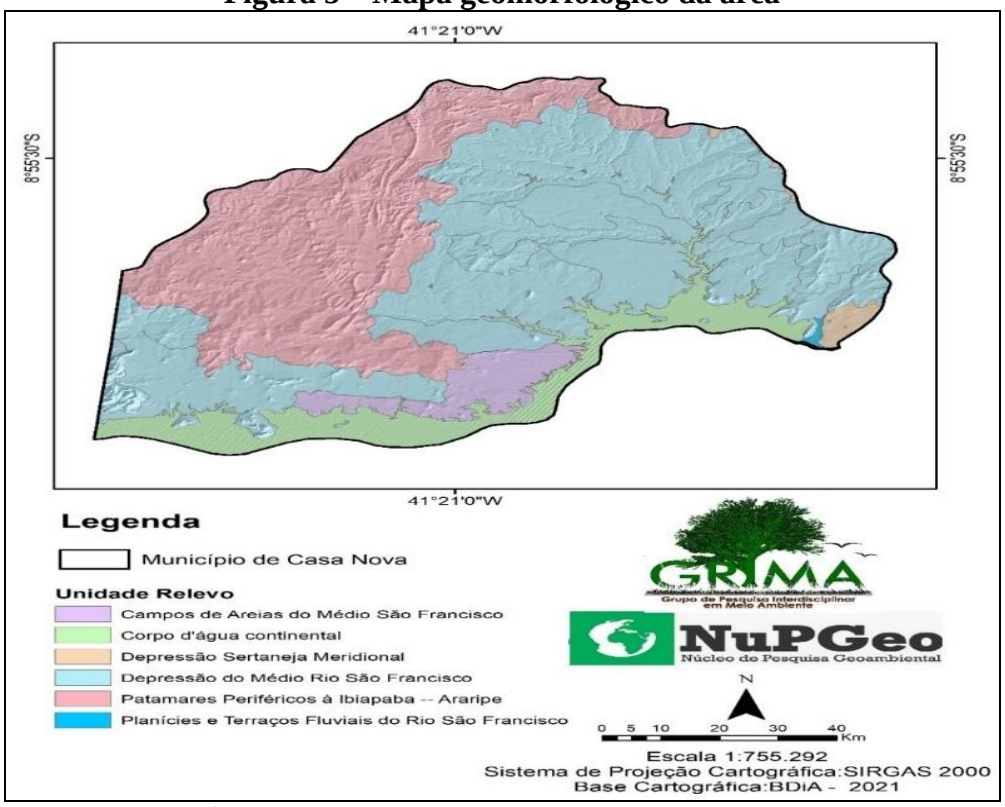
Diferente de Sampaio, Hartmann e Cerva-Alves (2021) estudaram paleoergs da América Latina, especificamente, sul do Brasil, bacia do Paraná, e por meio da análise de imagens de satélite combinada com trabalhos de campo, traçaram a caracterização de rochas por meio de gamaespectrometria portátil, estudos petrográficos e análises químicas, além de interpretarem que a geologia apresenta-se como extensamente deformada. Também foram consultados os dados do SIAGAS-CPRM (2020), referentes a 487 testemunhos de perfuração realizadas para a prospecção de água subterrânea. Os resultados obtidos neste estudo, com base nesses dados e em estudos anteriores, revelaram a presença de campos de paleodunas planas e basaltos de cobertura.

Estes autores acrescentam ainda que as paleodunas exumadas e o basalto que as recobre, representam elementos singulares no registro geológico. Trata-se de um extenso *erg* ativo, posteriormente coberto por uma das maiores províncias vulcânicas do planeta. (HARTMANN; CERVA-ALVES, 2021).

No Brasil, por sua vez, a figura 5 revela que o território de Casa Nova é formado por Campos de areias do Médio São Francisco (paleodunas), Corpos d'água, Depressão Sertaneja Meridional, Depressão do Médio Rio São Francisco, Patamares Periféricos do Ibiapaba e Araripe, além de Planícies e Terraços Fluviais do Rio São Francisco.

Sampaio destaca que, nas proximidades de Casa Nova, encontra-se a localidade de Angico, onde se ergue a imponente Serra do Encaibro, descrita como uma "gigantesca muralha, com encostas verticais e topos planos como uma mesa nivelada" (SAMPAIO, 1906, p. 43). Quanto aos depósitos sedimentares mais recentes, os arenitos e calcários ocupam grande parte da bacia de drenagem, atuando como verdadeiras esponjas, ao reter e liberar a água durante os períodos de seca (MENDES, 2019).

Figura 5 – Mapa geomorfológico da área



Fonte: Elaboração própria.

Na região analisada, encontram-se zonas de embasamento cristalino, onde predominam gnaisses, granitos e micaxistos. Há também áreas cristalinas cobertas por sedimentos do período terciário, além de regiões sedimentares compostas por depósitos eólicos e fluviais mais recentes (ANDRADE-LIMA, 1978).

Se comparada, uma vez mais, com outras área da América Latina, a ocorrência de milhares de estruturas circulares, elípticas e curvilíneas na Fronteira Oeste, abrangendo os municípios de Quaraí, Alegrete, Itaqui, Uruguaiana e Barra do Quaraí, é atribuída a processos evolutivos semelhantes. A associação dessas estruturas a origens comuns é reforçada pela ausência de evidências que indiquem impacto de meteoritos, inclusive no caso do Cerro do Jarau (HARTMANN; CERVA-ALVES, 2021)

Ratifica-se que maior parte do município de Casa Nova está inserida na Depressão Sertaneja (BRASIL, 1974). As áreas com coberturas sedimentares estão relacionadas à ocorrência de Argissolos, Latossolos e Cambissolos em relevo plano a suave ondulado. As áreas do cristalino descoberto estão associadas à ocorrência de Planossolos e Neossolos Litólicos em relevo plano e suave ondulado (PACHECO; MOREIRA; ARAÚJO, 2022).

Por outro lado, as áreas sedimentares do Quaternário estão ligadas à presença de dunas eólicas, Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos, em uma topografia plana (CUNHA, *et al*., 2019). Teodoro

Sampaio, em 1906, realizou uma visita e descreveu na sua obra "O Rio São Francisco e a Chapada Diamantina" os aspectos naturais dessa região, relatando que:

> No leito arenoso que vamos trilhando como se fora uma ampla estrada, os seixos e quartzo, os grandes fragmentos de grês formam aqui e ali bancos que interrompem o caminho, e contém a água salobra nos caldeirões onde nenhum ser vivo consegue permanecer. A vegetação pelas margens difere apenas em alguns typos vegetaes novos, mas ainda assim, o horizonte da catinga onde imperam o mandacaru, o chique-chique, o quipá, o cardo cabeça de frade, a macambira, o jurema, a favella, a quixaba, o umbu, o angico, a imburana vem quasi até a borda da torrente e participa-lhes das humildes, ao menos uma vez no ano, quando ella desce impetuosa dos montes banhados pelas chuvas do verão (SAMPAIO, 1977).

Ainda de acordo com Sampaio, “a vista alonga-se aqui pela vasta planície que vai fenecer ao longe para além do São Francisco numa linha indecisa e nevoenta, onde raros pontos iluminados denunciam o relevo insignificante do solo”. Entretanto, o lado do norte, prolongando-se para o oriente, apresentando feições denominadas de serras e serrotes, “com o perfil pitoresco de montanhas destacadas, como ilhas na planície niveladas das caatingas” (SAMPAIO, 1906, p. 23).

Já no caso da região da Fronteira oeste da Argentina, esta exibe estruturas de blocos falhados, caracterizadas por *hosts* e grabens, predominando rochas basálticas na superfície. No entanto, a área também abriga um vasto paleoergs. As dunas que compõem esse paleoerg foram inicialmente soterradas pelas lavas do Grupo Serra Geral, durante o Cretáceo, e voltaram à superfície posteriormente, em decorrência da erosão. Essas paleodunas integram diversas formações de morfologia circular, elíptica e curvilínea, tendo sido intensamente silicificadas e fraturadas por ação de jatos de água quente (HARTMANN; CERVA-ALVES, 2021).

Em conformidade com Sampaio (1906, p. 41), “o solo da salina é ordinariamente um terreno argiloso, seco, de aluvião, com superfície mais ou menos plana, onde aparece manchas irregulares como as de um corpo graxo ou óleo derramado sobre a terra”. Ele argumenta que a origem do sal no Vale do São Francisco ainda não foi completamente esclarecida.

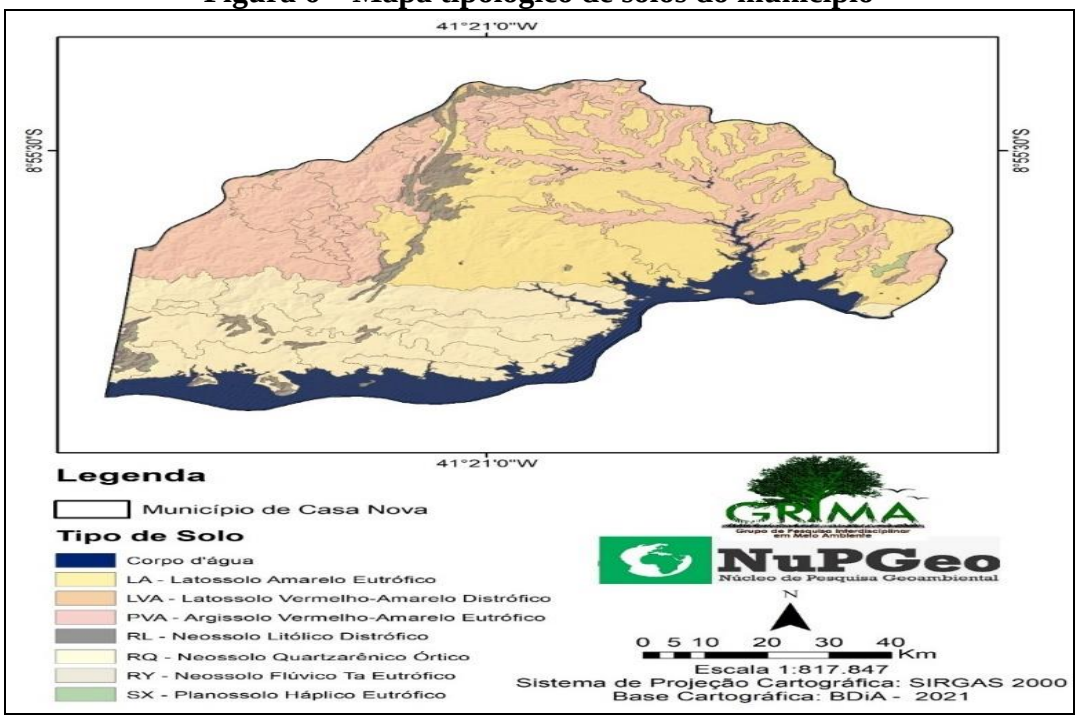
No entanto, ele infere que o solo das salinas, formado por aluviões marnosos, restos de rochas calcárias e gesso ainda presentes no vale, contendo partículas de sal, só se desintegra e se decompõe lentamente em contato com o ar e as águas meteóricas amoniácas, originando as salinas na área de Casa Nova. Este mesmo escritor declara que a produção era muito superficial e frágil, e que a argila, após ser lavada, retoma a produção de sal após anos exposta ao ar e à chuva, o que explica a presença de solos salinos na área.

Na visão de Cunha e colaboradores (2019), a área estudada possui três unidades morfológicas ou físicas de paisagem: a) superfícies com revestimentos ligados aos sedimentos terciários (Argissolos); b)

regiões cristalinas onde predominam Cambissolos e Planossolos; c) áreas de sedimentos do Quaternário/ Holoceno, onde se destacam os Neossolos Quartzarênicos. Já o mapa tipológico destaca a existência dos seguintes solos: i. Latossolo Amarelo Eutrófico; ii. Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico; iii. Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico; iv. Neossolo Litólico Distrófico; v. Neossolo Quartzarênico Órtico; vi. Neossolo Flúvico Ta Eutrófico; vii. Planossolo Háplico-Eutrófico.

A figura 6 apresenta o detalhamento das diferentes tipologias de solos identificados na área de estudo.

Figura 6 – Mapa tipológico de solos do município



Fonte: Elaboração própria.

Geralmente são encontradas nas superfícies com revestimento, os Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos, que apesar de possuírem condições físicas favoráveis, possuem baixa fertilidade natural e elevada pedregosidade. Essas características representam obstáculos para a agricultura, pois, mesmo sendo moderadamente drenados, possuem baixa fertilidade natural devido à natureza do material de origem. Esses solos apresentam grande vulnerabilidade aos processos de erosão, especialmente quando há uma grande discrepância de textura entre os horizontes A e B e a presença de cascalho. "Na região estudada, estes solos têm sido cultivados com as culturas da banana, manga, goiaba e diversas olerícolas" (CUNHA, *et al*., 2019, p. 41).

Nas regiões de rochas cristalinas, encontramos solos raros e arenosos conhecidos como Cambissolos e Planossolos, que apresentam problemas consideráveis de drenagem e sais. Os

Cambissolos são caracterizados por sua elevada fertilidade natural, boas características físicas e geralmente apresentam um relevo plano ou levemente ondulado. No entanto, certos Cambissolos apresentam limitações devido à sua versatilidade ou à sua textura argilosa, prejudicando a drenagem dos solos. Esses solos apresentam pedregosidade "sendo bastante utilizados para uso agrícola, principalmente com o cultivo de cebola" (CUNHA, *et al*., 2019, p. 41).

Por outro lado, os Planossolos têm uma profundidade média e uma permeabilidade lenta abaixo da superfície, o que resulta em uma inundação temporária, devido à sua posição mais baixa na paisagem. Quando secos, eles se tornam extremamente duros em subsuperfície. Na percepção de Cunha *et al*., (2019, p. 42):

> Alguns destes solos possuem elevados teores de sódio trocável. Apresentam como principais limitações a drenagem imperfeita ou má; alta densidade aparente além de uma drenabilidade lenta no horizonte Bt. Quando sódicos, a restrição ao uso agrícola é maior, devido aos altos teores de sódio trocável no horizonte Bt e/ou C, além dos problemas físicos já relatados acima. São solos altamente suscetíveis aos processos erosivos, devido ao horizonte Bt de baixa permeabilidade e à mudança textural abrupta.

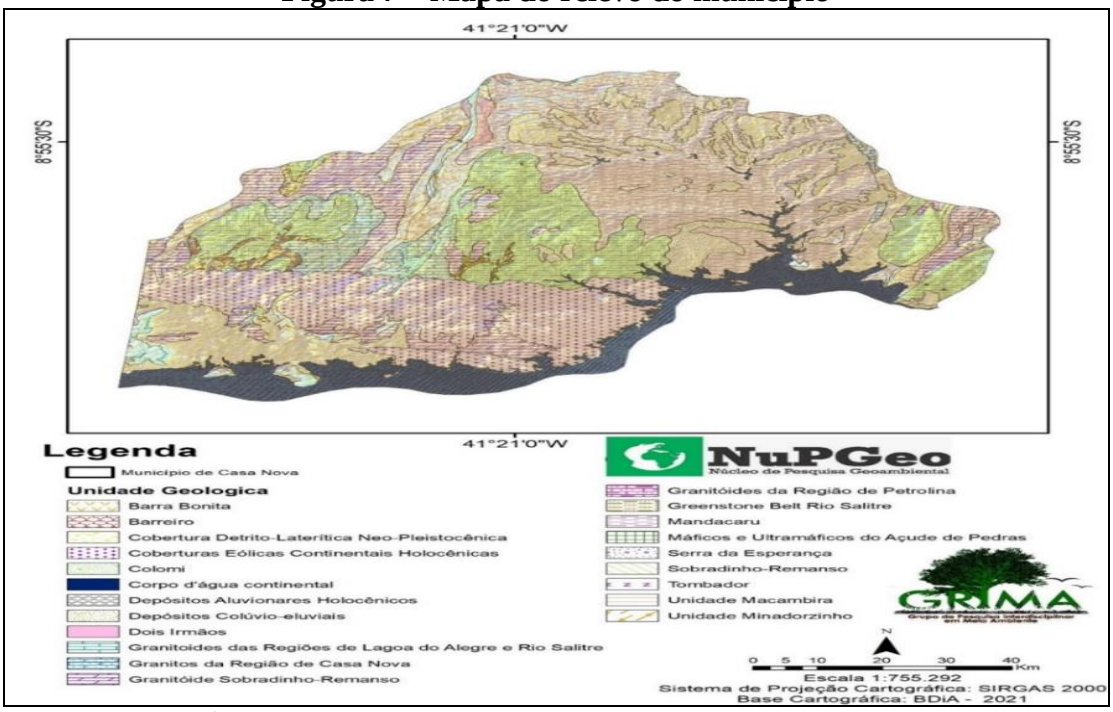
No que diz respeito às recentes áreas sedimentares da baixada aluvionar ou áreas inundadas, estas são formadas por depósitos eólicos e fluviais do Quaternário/Holoceno, conhecidos como dunas, além de uma área com Neossolos Quartzarênicos associados a Plintossolos Pétricos. Em relação as áreas sedimentares recentes da baixada aluvionar ou em áreas inundáveis, estas são compostas por depósitos eólicos e fluviais do Quaternário/Holoceno, que são as dunas, e área com Neossolos Quartzarênicos associados com Plintossolos Pétricos (*Ibidem*).

A figura 7, a seguir, indica que o município de Casa Nova está assentado sobre vasta Unidade Geológica. Pode-se perceber que, o município possui ampla unidade geológica, sendo: Barra Bonita; Barreiro; Cobertura Detrítico-Laterítica Neo-Pleistocênica; Cobertura Eólicas Continentais Holocênicas; Colomi; Depósitos Auvionares Holocênicos; Depósitos Colúvio-Eluviões; Serra Dois Irmãos; Granitóides das Regiões da Lagoa do Alegre e Rio Salitre; Granitóides da Região de Casa Nova; Granitóides Sobradinho-Remanso; Granitóides da Região Petrolina; Greenstone Belt Rio Salitre; Mandacaru; Máficos e Ultramáficos do Açude de Pedras; Serra da Esperança; Sobradinho-Remanso; Serra do Tombador; Unidade Macambira; Unidade Minadorzinho.

Normalmente, as regiões sedimentares quaternárias são utilizadas para a criação de pastagens de gramíneas e para a criação de animais de pequeno porte, e em menor escala, para o agronegócio ligado à produção de uva e manga. No entanto, a aplicação desses solos na agricultura, em geral, é limitada devido às suas severas restrições, mesmo que estejam passando por transformações devido ao uso de tecnologias mais avançadas, como a fertilização. Dentre os fatores limitantes, Cunha *et al*., (2019)

destaca a textura arenosa, um obstáculo para o armazenamento de água e nutrientes; a fertilidade natural reduzida, que requer a utilização de fertilizantes; e a intensa lixiviação dos nutrientes mais solúveis (K+), causada pela alta permeabilidade e baixa retenção desses solos.

Figura 7 – Mapa do relevo do munícipio



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com Trindade (1991), a ausência de vegetação nos campos paleodunares (áreas sedimentares quaternárias) torna-os vulneráveis à ação dos ventos, deslocando-se e gerando problemas para as comunidades próximas às áreas sob a mesma direção dos ventos. Isso ocorre porque a ação eólica promove o soterrando de tudo ao seu redor, modificando o relevo, deixando uma cobertura quartzosa improdutiva e transformando a paisagem marginal.

Esses ecossistemas são singularmente explorados economicamente para uma variedade de propósitos, incluindo habitação, extração de areia para construção e solapamento de estradas, trilhas, entre outros elementos que se desenvolvem sobre a paisagem frágil, representando um risco tanto para a natureza quanto para os habitantes locais, causando uma variedade de impactos socioambientais. Além disso, sofrem também como os impactos naturais que provocam descaracterização nos campos paleodunares. Com base nessa realidade e na interconexão desses ecossistemas, de grande valor e relevância ambiental, devido à sua extraordinária produtividade biológica e ao seu notável estado de conservação, torna-se essencial um gerenciamento que inclua esses diversos elementos da paisagem dunar.

Entretanto, nos transportando para outro planeta, pesquisas de Hunt *et al.* (2022) em um campo de paleodunas localizado próximo a Apollinaris Sulci, em Marte, revela um período em que ventos convergentes provenientes do norte acumularam areia no interior de uma antiga cratera. Essas paleodunas foram posteriormente soterradas por sedimentos da Formação *Medusae Fossae*, sofreram litificação e, mais tarde, foram novamente expostas pela ação da erosão eólica. Os sulcos de Yardang presentes na Formação *Medusae Fossae* indicam que houve mudanças na direção dos ventos desde a época da deposição das paleodunas.

Como aqui na Terra, lá em Marte as esculturas possuem um dinâmica especifica. De acordo com Hunt *et al.* (2022), o domínio de dunas preservado é caracterizado por amplas cristas onduladas a crescentes, variando de metros a quilômetros de extensão. O espaçamento de crista entre as elevações oscila de 150 m a 1 km, e localmente as cristas são paralelas e subparalelas entre si. As alturas das paleodunas variam de aproximadamente 10 m a 60 m, sendo que as maiores dunas estão localizadas no núcleo interno do domínio. A orientação das cristas das dunas muda ao longo da unidade, com linhas de crista inclinando-se WSW-ENE na franja mais ocidental do domínio, E-W no centro do domínio e WNW-ESE na margem mais oriental do domínio. As paleodunas se apresentam predominantemente como barcanoides, transversais e em forma de crescente, com morfologias barcanas nas bordas do domínio (HUNT *et al.*, 2022).

Devido à dinâmica de entrada de sedimentos e às vulnerabilidades das áreas, diferentemente das paleodunas de Marte (que com o domínio preservado é caracterizado por amplas cristas onduladas a crescentes), estabeleceu-se critérios para a categorização de zonas de risco (Quadro 1). Foram classificados com base na evolução temporal e espacial dos fluxos: eólico (movimento dos campos de dunas), fluvial (movimento das águas ao longo da costa) e subterrâneo (quantidade de água no subsolo e trajetória da hidrodinâmica do aquífero). As unidades geoambientais foram identificadas para direcionar ações de planejamento e gestão territorial.

É importante reiterar que o local pesquisado integra a APA Lago de Sobradinho, localizada no Submédio São Francisco, e de acordo com a Resolução do Conama, nº 10 de 14 de dezembro de 1988, as APAs são áreas de preservação, criadas para salvaguardar e preservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali presentes, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos habitantes locais e proteger os ecossistemas regionais.

Conforme a Resolução do Conama citada anteriormente, as Áreas de Preservação Ambiental (APAs) devem ter um Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), com o objetivo de definir regras de uso baseadas nas condições bióticas, geológicas, urbanas, agropastoris, extrativistas, culturais e outras, com o intuito de promover um maior equilíbrio e preservação do local.

Quadro 1 – Unidades geoambientais para classificação dos níveis de riscos

Unidade Geoambiental	Processos	Caracterização	Riscos
1. *Dunas móveis* 2. *Dunas fixas*	1. Eólicos	1. Apresentam-se com movimentos constantes; 2. Apresentam-se com estabilidade	1. Ocupação; Expansão das cidades; *Déficit* de areias; Pisoteio; Captação de água; atividades agrícolas e pecuárias; Turismo insustentável. 2. Sofrem interferências morfológicas; paisagísticas; ecológicas.
1. *Terraços fluviais* 2. *Tabuleiros*	2. Fluviais	1. Formados por meio da dinâmica dos fluxos fluviais; 2. Cobertura sedimentar depositada por sistemas fluviais.	1. Contaminação do lençol freático por efluentes; Erosão por transporte sedimentar. 2. Degradação da mata de tabuleiros.
1. *Lençol freático*	Subterrâneo	1. Preenche os espaços porosos e permeáveis das areias quartzosas.	1. Impermeabilização dos campos de dunas; Salinização do lençol e extinção das lagoas interdunares.

Fonte: Elaboração própria.

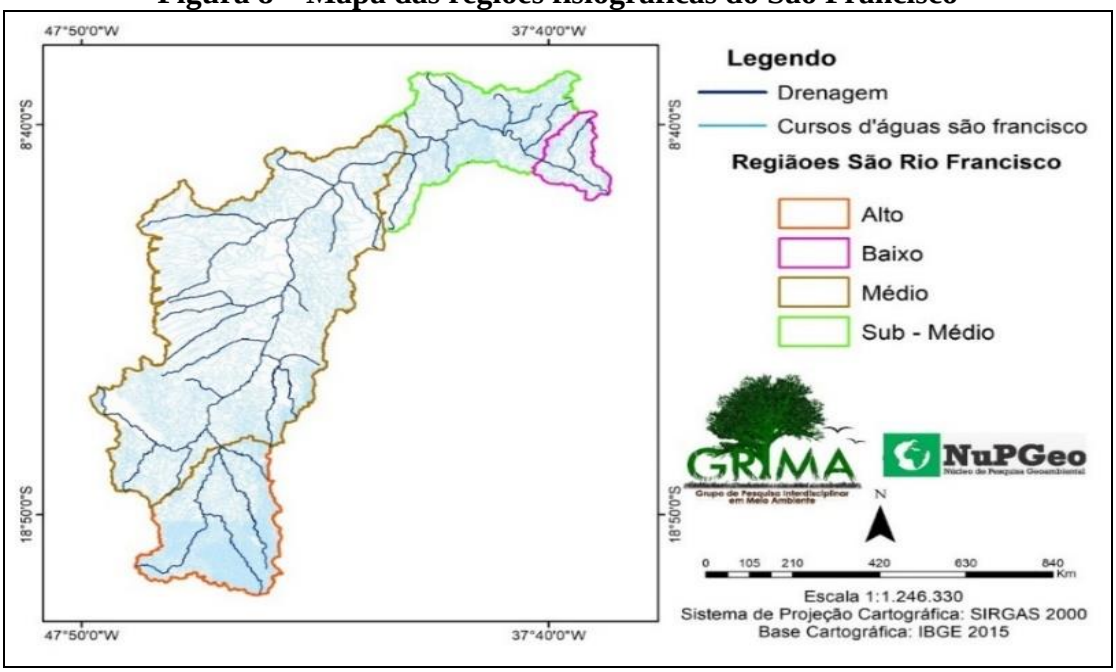
- **Aspectos Hidrográficos**

O município de Casa Nova é um dos locais abastecidos pela bacia do rio São Francisco. De acordo com o engenheiro agrônomo Geraldo Gentil Vieira, da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), a sua verdadeira nascente está no planalto de Araxá, na cidade de Medeiros, que faz parte do circuito da Serra da Canastra, em Minas Gerais. Por muitos anos, acreditou-se que o "Velho Chico" nasceria no município de São Roque, na Serra da Canastra, também em Minas Gerais. Na realidade, essa é conhecida atualmente como nascente histórica, situada a uma altitude aproximada de 1.200 metros (MENDES, 2019).

Da nascente à foz, o rio atravessa diversos estados do Nordeste e Sudeste, desaguando no oceano Atlântico e drenando uma área de cerca de 641.000Km^2, alcançando um comprimento de 2.863 km. De toda essa extensão, apenas 208 km representam a área navegável do baixo São Francisco, conforme citado anteriormente. Desse modo, o rio São Francisco, cuja bacia hidrográfica abrange 8% do território brasileiro, se estende desde Minas Gerais até o oceano Atlântico, desaguando na fronteira entre os estados de Alagoas e Sergipe. Esta extensa região abrange 505 cidades em seis estados (Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe), além do Distrito Federal (CBHSF, 2015).

Assim, a bacia hidrográfica do São Francisco se constitui numa das 12 regiões hidrográficas brasileiras, sendo dividida, para fins de planejamento, em quatro zonas ou regiões fisiográficas. As principais unidades de estudo e planejamento são as regiões fisiográficas da bacia demonstradas na figura 8, e sua divisão em: Alto (cerca de 40% da área da bacia hidrográfica), Médio (39% da área da bacia hidrográfica), Submédio (17% da área da bacia) e Baixo São Francisco (5% da área da bacia hidrográfica) (CBHSF, 2015).

Figura 8 – Mapa das regiões fisiográficas do São Francisco



Fonte: Elaboração própria.

Conforme Sampaio (1906), o rio São Francisco, que atravessa os territórios áridos da Bahia ao Ceará, passando por Pernambuco e Piauí, representando a abundância e o abrigo para aqueles que sofrem com a seca prolongada e recorrente, reforçando assim, seu inestimável valor histórico e socioeconômico.

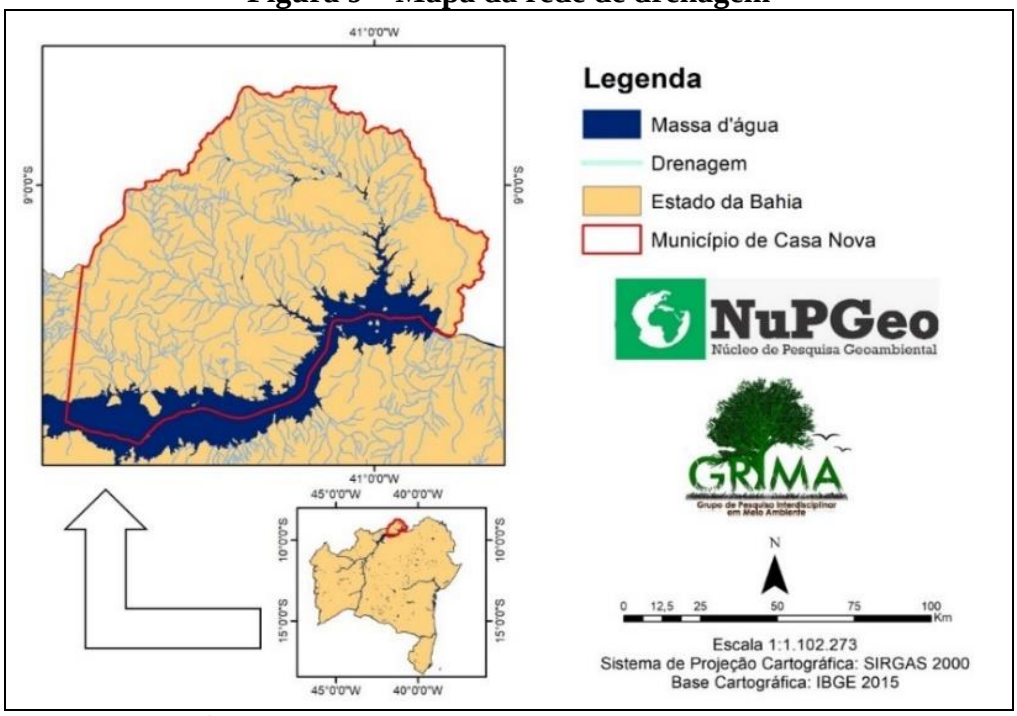
Para o Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF), aproximadamente 54% da área da bacia hidrográfica do São Francisco se encontra no Semiárido do Brasil, com ocorrência de períodos severos de seca. No entanto, mesmo diante das adversidades, apresenta uma vasta diversidade ecológica, incluindo quatro ecossistemas/biomas: a Caatinga, o Cerrado, parte da Mata Atlântica, bem como a região estuarina do rio (CBHSF, 2015).

A região possui um grande potencial hidrográfico, conforme evidenciado na figura 9. O rio São Francisco é o canal principal, no entanto, ele é alimentado por diversos afluentes e subafluentes, alguns intermitentes, outros transitórios e alguns perenes, constituindo uma rede de drenagem importante para a dinâmica socioeconômica da região.

A bacia do São Francisco vem desde 2013 enfrentando condições meteorológicas desfavoráveis, com fluxos e precipitações abaixo da média, o que afeta os níveis de armazenamento dos seus reservatórios. Desde abril do ano supracitado, a operação dos reservatórios vem sendo monitorada regularmente e meticulosamente para prevenir *déficit* de água. Em um contexto de aumento da demanda, a preocupação com a disponibilidade de água para os diversos usos da bacia é refletida nas metas,

estratégia e orientações definidas pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF, 2015).

Figura 9 – Mapa da rede de drenagem



Fonte: Elaboração própria.

As barragens de Três Marias, localizadas em Minas Gerais, Sobradinho, Paulo Afonso e Itaparica, localizadas na Bahia, e o reservatório de Xingó, localizado na divisa entre Alagoas e Sergipe, são os principais reservatórios do rio São Francisco para regulação de sua correnteza e/ou geração de energia hidrelétrica (CBHSF, 2015). A usina hidrelétrica de Sobradinho, situada entre as cidades de Sobradinho e Casa Nova, na Bahia, possui uma potência instalada de aproximadamente 1.050000 (um milhão e cinquenta mil) KV. Seu lago possui uma área de espelho d'água de cerca de 4.219 (quatro mil, duzentos e dezenove) quilômetros quadrados, com capacidade para armazenar até 34 (trinta e quatro) bilhões de metros cúbicos de água, posicionando-se como o terceiro maior lago artificial do planeta (MENDES, 2019).

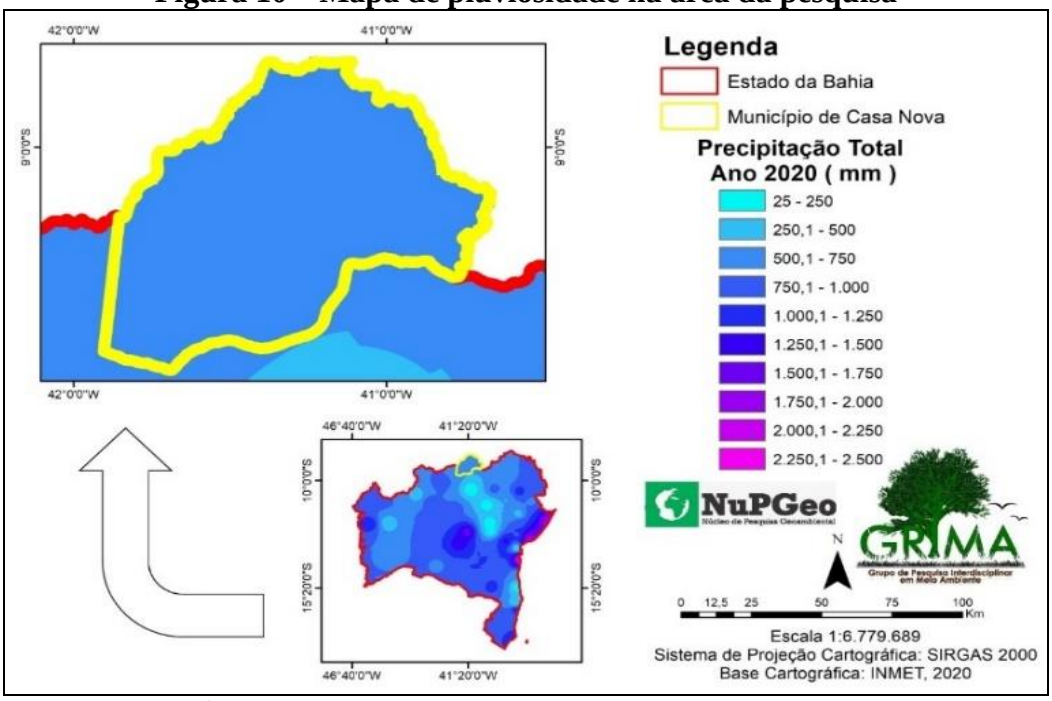
Normalmente, o período de maior precipitação ocorre de novembro a janeiro, enquanto o mais seco ocorre de junho a agosto, com média anual de evapotranspiração de 896 mm, variando entre 1.400 mm (parte sul) e 840 mm (parte norte) devido às altas temperaturas, à localização geográfica intertropical e à nebulosidade comprimida durante a maior parte do ano (CBHSF, 2015).

Se compararmos os dados apresentados anteriormente, com os estudos de Runyon, Christina e Day (2021) que, ao pesquisarem as características da ecodinâmica paleodunar em Marte, descobriram e

apresentaram uma análise morfométrica de estruturas geológicas que se assemelham a dunas, notando sinais de desgaste erosivo posterior, ver-se-á que a constituição dessas formações, parecidas com dunas desgastadas, sugerem a presença de poeira, provavelmente de material vulcânico fragmentado. Estes autores defendem que essas estruturas se formaram em fluxos piroclásticos densos, solidificaram-se e, em seguida, sofreram abrasão. Contudo, nestas áreas não foi apontado qualquer surgimento de aquíferos ou rios marteanos, nas áreas das paleodunas.

Entretanto, no município de Casa Nova, conforme destacado na figura 10, a pluviosidade média anual é de 1.036 mm, com os maiores índices de precipitação, cerca de 1.400 mm, concentrados nas nascentes do rio São Francisco.

Figura 10 – Mapa de pluviosidade na área da pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

Por todas essas razões, o rio São Francisco desempenha um papel crucial no fornecimento de água na maior parte do Sertão Semiárido do Nordeste do Brasil, fornecendo água para suprir as necessidades diárias das populações ribeirinhas (abastecimento humano, agricultura irrigada, dessedentação de animais, entre outros). Sua importância é fundamental para a preservação da região agrícola irrigada do Vale do São Francisco, que é amplamente reconhecida no exterior pela exportação de frutas, cabendo aqui uma crítica a ausências de políticas públicas de conservação do rio e de preservação de suas nascentes que retrolimentam seu fluxo hídrico.

A crítica, desde que construtiva no sentido de aprofundamento cientifico, é sempre válida. Um exemplo de crítica foi trazido por Haag, Philipp e Scherer (2021) que questionaram os resultados do

estudo conduzido por Hartmann e Cerva-Alves (2021) acerca da proposta para o IPDF, argumentando que os fundamentos apresentados não sustentam adequadamente a hipótese genética, tampouco suas interpretações acerca da morfologia das paleodunas e da direção dos ventos. Além disso, os autores demonstraram que o modelo sugerido por Hartmann e Cerva-Alves não é convincente o suficiente para descartar a possibilidade de uma origem por impacto da estrutura do Cerro do Jarau (a estrutura do Cerro do Jarau está localizada no Estado do Rio Grande do Sul, nas proximidades da cidade de Quarai, divisa com o Uruguai), já que desconsidera aspectos estruturais da região e diversos outros fatores relevantes. Ressaltam ainda que o raciocínio utilizado para defender a hipótese de uma origem hidrotermal "explosiva" entra em conflito com as limitações físicas e os dados geológicos existentes.

Neste viés, a área desta pesquisa encontra-se dentro de uma Área de Proteção Ambiental (APA) que é uma Unidade de Conservação (UC) e que visa proteger e preservar o meio ambiente e a qualidade dos sistemas naturais que a compõem. Devido à sua importância são consideradas áreas de preservação ambiental, logo, são protegidas por lei, o que obriga o órgão gestor a adotar planos uso e ocupação dos solos e de manejo e conservação ambiental. Tal perspectiva reforça o que já foi afirmado anteriormente, que é, a necessidade de tutela desses patrimônios naturais que bordeiam o rio São Francisco, especialmente, no estado da Bahia, sendo a legislação convidada a responder às múltiplas questões ambientais, dentre as quais, a prevenção e a redução de danos, a partir da consciência de que o meio ambiente apresenta e da proposição de Planos de Conservação Ambiental para tais ambientes (SANTOS *et al*., 2023).

Proposta de Conservação Ambiental (PCA) e Zoneamento Ambiental

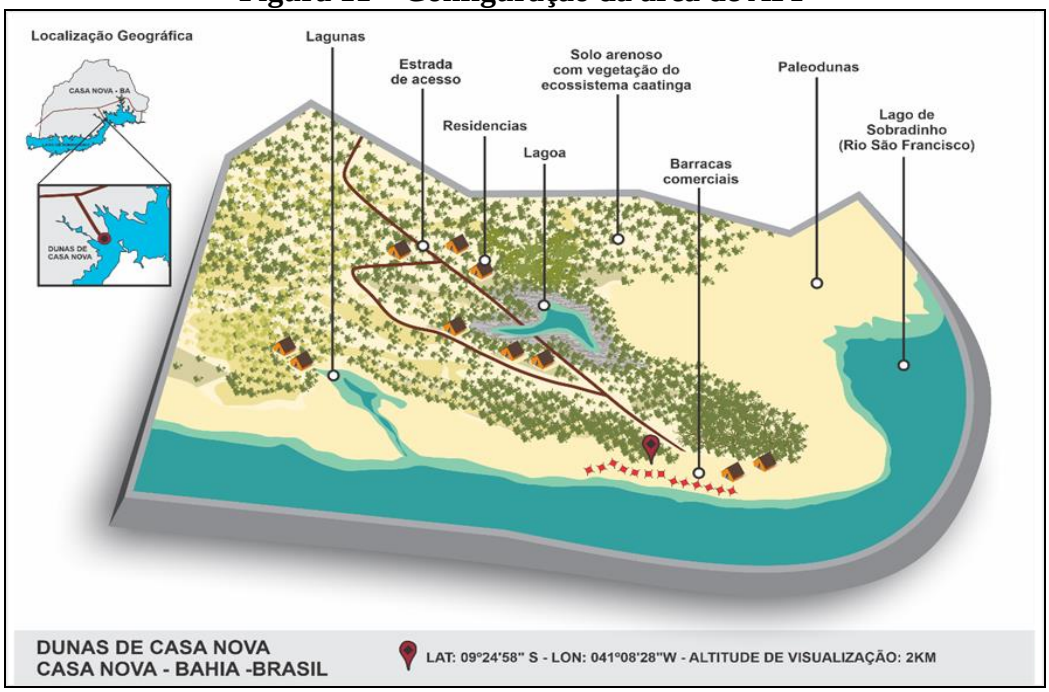
O estabelecimento de diretrizes e regulamentações para áreas protegidas, como ferramenta de planejamento da unidade, visa regular o uso e a ocupação do solo por aqueles que gerenciam a produção do espaço urbano, incluindo construtoras, incorporadoras, proprietários de terrenos e o próprio governo. Por isso, um dos maiores desafios na gestão dos espaços para a criação e monitoramento do zoneamento é compreender como as normas impactarão nos padrões de produção e consumo do território da Unidade de Conservação, com o objetivo de estabelecer modelos sustentáveis de preservação dos recursos naturais dos paleoterritórios.

Em relação à ocupação dos ecossistemas fluviais, a destruição da vegetação ciliar resulta na perda irreparável de *habitats* e na subsequente diminuição da biodiversidade. A utilização dessas áreas sem infraestrutura e planejamento apropriado tem causado impactos ambientais significativos, tornando-se um desafio para a gestão. Isso significa que a sociedade e o governo são responsáveis pela

deterioração ambiental na UC. Esta afirmação baseia-se na confirmação de que os poderes públicos estabelecidos (federal, estadual e municipal) não têm agido de acordo com suas atribuições diante de tal problema (PACHECO; MOREIRA; ARAÚJO, 2022).

A figura 11 vai lustrar uma variedade de ambientes, incluindo lagoas, vias de acesso, moradias, um corpo d'água, solo arenoso coberto por vegetação de caatinga, pontos comerciais e paleodunas. Por isso, cada geossistema apresenta características únicas e requer formas específicas de preservação.

Figura 11 – Configuração da área de APP



Fonte: Elaboração própria.

No que diz respeito ao Zoneamento Ambiental (ZA), apesar das divergências sobre sua verdadeira função, sua eficácia como ferramenta de planejamento territorial é indiscutível. Assim, o ZA é uma ferramenta que deve incorporar a variável ambiental no contexto do planejamento territorial, garantindo que as atividades humanas possam ser realizadas em um determinado espaço, levando em conta aspectos ambientais, e não somente os socioeconômicos.

A Lei nº 6.938 de 1981 que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), juntamente com o Zoneamento Ambiental, contribui para a conservação e melhoria da qualidade ambiental, além de auxiliar no progresso socioeconômico, na segurança do país e na salvaguarda da dignidade humana (BRASIL, 1981).

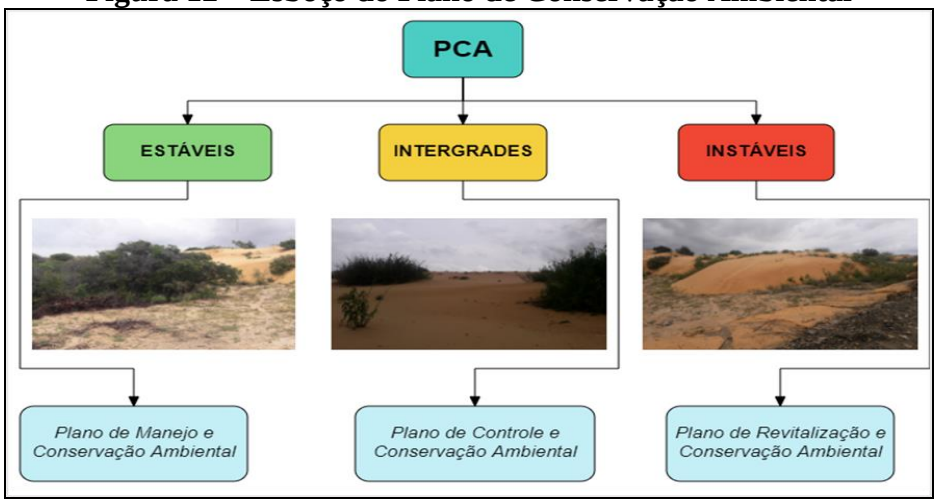
Sendo assim, é fundamental estabelecer um plano de zoneamento para a região, levando em consideração a estrutura atual do local. Analisando a dinâmica desses paleoterritórios, é possível observar a ocupação da área de APP para fins econômicos. Embora o Decreto nº 9.957 de 2006, em seu

Art. 6º, proíba a implementação de atividades que possam causar degradação na Área de Proteção Ambiental – APA do Lago de Sobradinho sem a aprovação prévia da entidade gestora e/ou do órgão ambiental competente para o licenciamento, práticas prejudiciais continuam a se repetir.

Sob essa perspectiva, todos os fenômenos e eventos que, por meio de suas transformações e dinamicidade, impactam o sistema em foco, também passam por modificações devido ao comportamento intrínseco desse sistema específico, interligado às ações humanas que igualmente influenciam e moldam esses sistemas. Assim, é fundamental considerar maneiras de protegê-lo, pois representam registros de paleoclimas, paleoventos e paleohidrografia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Dessa forma, foram apresentadas sugestões para a conservação do ecossistema paleodunar, fundamentadas nas particularidades da ecorregião, que está situada dentro de uma Área de Proteção Ambiental. Em alinhamento com as especificidades do GTP, recomenda-se a elaboração de um *Plano de Manejo e Conservação* (PCA) para cada ambiente, baseado nas análises e observações efetivadas na área geográfica analisada, como ilustrado na figura 12.

Figura 12 – Esboço do Plano de Conservação Ambiental



Fonte: Elaboração própria.

Destaca-se que o objetivo do método GTP (BERTRAND; BERTRAND, 2007) é reaproximar os conceitos de geossistema, território e paisagem para avaliar a funcionalidade de um espaço geográfico específico em sua totalidade, objetivando entender as interações entre os elementos constitutivos de forma holística, interpretando as mudanças paisagísticas como resultado histórico dos fluxos de matéria e energia, incluindo a intervenção humana. Assim, delineou-se tres modalidade de PCA, em concordância com a categorização das unidades ecodinâmicas.

O *Plano de Manejo e Conservação Ambiental* (PMCA) é recomendado para áreas que se encontram em um estado relativamente *estável* (TRICART, 1977), a fim de evitar que, no futuro, sofram

danos irreparáveis, considerando que se trata de ambientes sensíveis e suscetíveis devido a fatores climáticos, botânicos e socioeconômicos.

O *Plano de Controle e Conservação Ambiental* (PCCA) deve ser implementado em regiões que estão em fase de transição, ou seja, que apresentam características de intermeio (TRICART, 1977), passando de um estado estável para um meio *intergrades*. É essencial desenvolver táticas para a mitigação da degradação nas áreas em evolução e para a preservação do que ainda subsiste em determinados trechos.

E o *Plano de Revitalização e Conservação Ambiental* (PRCA) propõe estratégias para a recuperação e o reflorestamento das regiões consideradas *fortemente instáveis* (TRICART, 1977). Com base nos resultados obtidos, deve-se estabelecer um controle de preservação, avaliando a resistência dos ambientes em questão.

Nessa perspectiva, as recomendações apresentadas anteriormente precisam ser implementadas pelos gestores da APA, que neste caso é o Governo do Estado da Bahia, em colaboração com o município impactado, onde se encontram os territórios paleodunares. Além da municipalidade, é essencial estabelecer uma colaboração com a comunidade ribeirinha que reside nas proximidades desses ecossistemas, pois são essas pessoas que vivenciam essa realidade e podem oferecer uma contribuição valiosa para a tomada de consciência sobre a situação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa destacou a importância de uma abordagem interdisciplinar para compreender a complexa interação entre a atmosfera, biosfera, litosfera, geosfera e hidrosfera ao longo do tempo. A colaboração entre diversas áreas do conhecimento, como geomorfologia, paleontologia, climatologia, entre outras, foi essencial para uma compreensão integrada das mudanças paleoambientais e paleoclimáticas ocorridas na área da pesquisa. Nessa conjuntura, os principais resultados encontrados foram:

- *Relevância do Uso de Tecnologias Avançadas*: a utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) e do *software* SAS *Planet* permitiu a obtenção de dados precisos e de alta resolução, fundamentais para a elaboração do PCA.
- *Integração de Imagens de Satélite e Dados Geográficos*: a incorporação dessas tecnologias garantiu a precisão na localização e análise dos territórios paleodunares.

- *Desenvolvimento de um PCA Consistente*: a investigação resultou na criação de um Plano de Conservação Ambiental (PCA) robusto e fundamentado, essencial para a preservação e conservação da ecodinâmica dos territórios paleodunares.
- *Recomendações de Implementação dos Planos de Manejo e Conservação*: foram recomendados diferentes planos de manejo e conservação ambiental, adaptados ao estado de estabilidade físico-ecológica das áreas categorizadas:
- *Plano de Manejo e Conservação Ambiental (PMCA)*: para áreas relativamente estáveis, visando evitar danos futuros.
- *Plano de Controle e Conservação Ambiental (PCCA)*: para regiões em fase de transição, com táticas de mitigação da degradação.
- *Plano de Revitalização e Conservação Ambiental (PRCA)*: para regiões fortemente instáveis, propondo estratégias de recuperação e reflorestamento.
- *Colaboração com a Comunidade Local*: a importância da coparticipação da comunidade ribeirinha foi destacada, reconhecendo que a sociedade local pode oferecer contribuições valiosas para a conservação e preservação dos ecossistemas.
- *Preservação de Registros Paleoclimáticos*: o estudo enfatizou a importância de proteger os territórios paleodunares, que representam registros de paleoclimas, paleoventos e paleohidrografia.
- *Conformidade com Normas Legais*: a implementação do PCA visa também garantir a conformidade com o decreto que criou a APA Lago de Sobradinho e com as normas vigentes no Novo Código Florestal do Brasil.

Em suma, chegou-se à conclusão de que o desenvolvimento do PCA para os territórios paleodunares não só promove a preservação ambiental, mas também serve como um modelo para futuras pesquisas e intervenções. A compreensão das mudanças ocorridas no passado é crucial para identificar características dos ambientes no presente, antecipar fenômenos naturais futuros e formular estratégias de mitigação e adaptação, alinhadas aos princípios da sustentabilidade e da justiça socioambiental. Este trabalho vem reforçar a necessidade de uma abordagem integrada e interdisciplinar para a gestão (seja federal, estadual ou municipal) enfrentar os desafios ambientais contemporâneos e futurísticos.

Portanto, para os paleoterritórios analisados, recomenda-se a implementação de técnicas adequadas para o uso e gestão do solo que favoreçam a sustentabilidade desse recurso; realizar o desmatamento apenas nas regiões apropriadas para a formação de pastagens e culturas agrícolas, que possuam solos adequados, relevo compatível e boa drenagem; além de revitalizar pastagens degradadas e diversificar a produção para satisfazer a demanda de produtos. Essas ações ajudarão a garantir a conservação da área, aumentar a capacidade produtiva sem comprometer a qualidade dos solos e da água, além de orientar a conservação da fertilidade das terras, evitando o aumento da descaracterização gradativas deste paleoterritórios.

REFERÊNCIAS

ANDRADE-LIMA, D. "Vegetação". *In*: LINS, R. C. **Bacia do Parnaíba**: aspectos fisiográficos. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, 1978.

ANDRADE-LIMA, D. O. **O domínio das caatingas**. Recife: Editora UFRPE, 1992.

ARAÚJO, I. P. R. *et al*. "Environmental Conservation Proposal (PCA) for the Casa Nova/BA paleodunar complex: a study with fishermen and riverine people from the São Francisco River". **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, vol. 7, n. 2, 2020.

BAHIA. **Decreto n. 9.957, de 30 de março de 2006**. Salvador: Assembleia Legislativa, 2006. Disponível em: <www.ba.gov.br>. Acesso em: 20/02/2025.

BERTRAND, G.; BERTRAND C. **Uma Geografia Transversal e de Travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Editora Mossoni, 2007.

BOFF, L. **Sustentabilidade**: o que é: o que não é. Petrópolis: Editora Vozes, 2013.

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Brasília: Planalto, 1981. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 13/02/2025.

BRASIL. **Mapa Geológico – Escala 1:25.000.000**. Recife: Sudene, 1974. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 20/02/2025.

BURGER, J. *et al*. "A importância das paleodunas como habitat de nidificação para cobras-do-pinheiro-do-norte (*Pituophis melanoleucus melanoleucus*): risco de veículos off-road nos Pine Barrens de Nova Jersey". **Urban Ecosystems**, vol. 10. 2021.

BURTON, R. F. **Viagem de canoa de Sabará ao Oceano Atlântico**. São Paulo: Editora da USP, 1977.

CBHSF - Comitê de Bacias Hidrográfica do Rio São Francisco. **A Bacia**: principais características. Maceió: CBHSF, 2015. Disponível em: <www.cbhsaofrancisco.org.br>. Acesso em: 21/02/2025.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Editora Hucitec, 1979.

CLAUDINO-SALES, V. *et al*. "Dunas e Paleodunas Eólicas Costeiras e Interiores". *In*: SOUZA, C. R. *et al*. (orgs.). **Quaternário do Brasil**. São Paulo: Holos Editora, 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do Conama**: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília: Conama, 2012. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 20/02/2025.

CUNHA, T. J. F. *et al*. **Caracterização dos Solos do Entorno das Jazidas do Parque Eólico do Município de Casa Nova, Estado da Bahia**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2019.

FORMAN, S. L.; TRIPALDI, A.; CICCIOLI, P. L. "Eolian sand sheet deposition in the San Luis paleodune field, western Argentina as an indicator of a semi-arid environment through the Holocene". **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, vol. 411, 2014.

GIANNINI, P. C. E. *et al*. “Dunas e Paleodunas Eólicas”. *In*: SOUZA, C. R. G. *et al*. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

HAAG, M. B.; PHILIPP, R. P.; SCHERER, C. M. S. “Comment on Resurfaced paleodunes from the Botucatu erg amid Cretaceous Paraná volcanics, by Hartmann and Cerva-Alves”. **Geomorphology**, vol. 394, 2021.

HADLEY, G. D.; BROUWERS, M. E.; BOWN, M. T. “Paleodunas quaternárias, costa do Golfo Pérsico, Emirado de Abu Dhabi: Idade e evolução paleoambiental”. *In*: ALSHARHAN, A. S. **Quaternary Deserts and Climatic Change**. Cham: CRC Press, 2020.

HARTMANN, L.A.; CERVA-ALVES, T. “Paleodunas ressurgidas do erg de Botucatu em meio aos vulcânicos do Cretáceo Paraná”. **Geomorfologia**, vol. 383, 2021.

HARTMANN, L.A.; CERVA-ALVES, T. “Resurfaced paleodunes from the Botucatu erg amid Cretaceous Paraná volcanics”. **Geomorphology**, vol. 383, 2021.

HUNT, A. R. G. *et al*. “The lithified aeolian dune field adjacent to the Apollinaris Sulci, Mars: Geological history and paleo-wind record“. **Icarus**, vol. 373, 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**: Censo 2022. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/02/2025.

JACOMINE, P. K. T. *et al*. “Levantamento Exploratório: reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco, Estado da Bahia”. **Boletim Técnico EMBRAPA**, n. 38, 1989.

JACOMINE, P. K. T. *et al*. **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco Estado da Bahia. Recife: Embrapa, 1976.

MENDES, E. T. **São Francisco**: Rio de Lágrimas. Brasília: Fundação Joaquim Nabuco, 2019.

OLIVEIRA, P. E. *et al*. “Paelovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil”. *In*: SOUZA, C. R. G. *et al*. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

OLIVEIRA, R. R. “Environmental History, traditional populations, and paleo-territoires in the Brazilian Atlantic Coastal Forest”. **Global Environment**, vol. 1, 2008.

PACHECO, C. S. G. R. *et al*. “Geossistêmica Paleodunar no Curso do Rio São Francisco”. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, vol. 9, n. 2, 2020.

PACHECO, C. S. G. R. *et al*. “Paleodunar landscapes in the São Francisco Rio course and the complexity of environmental management and conservation”. **Brazilian Journal of Development**, vol. 7, n. 6, 2021.

RUNYON, K. D. *et al*. “Paleodunas lineares piroclásticas abrasivas na Síria e Daedalia Plana, Marte”. **Earth and Planetary Science Letters**, vol. 557, 2021.

SÁ, A. J. “Teodoro Sampaio: um precursor da criação simbólica do Nordeste?” **Revista de Geografia**, vol. 35, n. 5, 2018.

SAMPAIO, T. **O rio São Francisco e a Chapada Diamantina**. São Paulo: Editora Cia das Letras, 2002.

SANTOS, R. P. *et al*. “A RPPN como Empreendimento Socioambiental Sustentável: uma análise da área paleodunar da Ilha de Andorinhas em Sento Sé/BA”. **ARACÊ**, vol. 7, n. 1, 2025.

SANTOS, R. P. *et al*. “Environmental Protection of Paleoecosystems of São Francisco River, Brazil in the Light of Environmental Law”. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, vol. 17, n. 9, 2023.

SANTOS, V. S. *et al*. “Composição do estrato arbóreo de um paleo-território de carvoeiros no Maciço da Pedra Branca, RJ”. **Pesquisas Botânica**, vol. 57, 2006.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**: Passado + presente = futuro? São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano VII | Volume 21 | Nº 63 | Boa Vista|2025

http://www.ioles.com.br/boca

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima