

Physical characterization using geotechnology in the hydrographic basin of Terra Nova (PE)

Fábio Ramon Erickson Martins da Costa*, Aline Mariana Ferreira da Silva**

* Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: fabio.erickson@ufpe.br

** Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: aline.mfsilva@ufpe.br

Received 01 November; accepted 19 December.

ABSTRACT

The Terra Nova (PE) Hydrographic Basin emerges as an entity of significant importance within the context of the semi-arid region of Pernambuco. The area is completely inserted in the Caatinga biome, characterized by its water scarcity and adverse climatic conditions, presenting unique challenges and opportunities for the sustainable development of the region. In this scenario, Geoprocessing and Remote Sensing emerge as crucial tools for the analysis and effective management of this critical geographic space. The relevance of the Terra Nova Basin is multifaceted. Firstly, it plays a fundamental role in supplying water for the local population and for agriculture, being a vital source for the subsistence of rural communities that depend on the availability of water resources. Furthermore, the basin has significant economic potential, with agricultural, livestock and tourist activities that depend directly on the natural resources present in the region. It is in this context that the application of advanced Geoprocessing and Remote Sensing techniques becomes crucial. The present work aimed to explore and apply these technologies to analyze the Terra Nova (PE) Hydrographic Basin. Using geospatial data, such as images from LandSat 5 and LandSat 8 to assess vegetation, as well as information from EMBRAPA's Brasil Relevo Project for characterization and physical analysis. The data generated by this study demonstrate that management plans and sustainable use of natural resources need to be implemented so that the Terra Nova basin plays a fundamental role in the sustainability-oriented development of the state of Pernambuco.

Keywords: semi-arid, landsat, remote sensing.

Caracterização física com uso de geotecnologia na bacia hidrográfica de Terra Nova (PE)

RESUMO

A Bacia Hidrográfica de Terra Nova (PE) emerge como uma entidade de significativa importância dentro do contexto do semiárido pernambucano. A área está completamente inserida no bioma Caatinga, caracterizado por sua escassez de água e condições climáticas adversas, apresenta desafios únicos e oportunidades para o desenvolvimento sustentável da região. Nesse cenário, o Geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto surgem como ferramentas cruciais para a análise e gestão eficaz desse espaço geográfico crítico. A relevância da Bacia de Terra Nova é multifacetada. Primeiramente, ela desempenha um papel fundamental no abastecimento de água para a população local e para a agricultura, sendo uma fonte vital para a subsistência de comunidades rurais que dependem da disponibilidade de recursos hídricos. Além disso, a bacia possui um potencial econômico significativo, com atividades agrícolas, pecuárias e turísticas que dependem diretamente dos recursos naturais presentes na região. É nesse contexto que a aplicação de técnicas avançadas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto se torna crucial. O presente trabalho se propôs a explorar e aplicar essas tecnologias para analisar a Bacia Hidrográfica de Terra Nova (PE). Utilizando dados geoespaciais, como imagens do LandSat 5 e LandSat 8 para avaliação da vegetação, assim como informações do Projeto Brasil Relevo da EMBRAPA para caracterização e análise física. Os dados gerados por este estudo demonstram que planos de manejo e uso sustentável dos recursos naturais necessitam serem implantados para que a bacia de Terra Nova desempenhe um papel fundamental no desenvolvimento voltado para sustentabilidade do estado de Pernambuco.

Palavras-chave: semiárido, landsat, sensoriamento remoto.

1.Introdução

As Bacias Hidrográficas (BH) são definidas como uma região natural de captação de água da chuva, onde todos os fluxos de água

convergem para um ponto único de saída, conhecido como exutório (Tucci, 1995). Essa área compreende uma série de superfícies inclinadas

formadas pelo solo, juntamente com uma rede de cursos de água que se reúnem até alcançar um único leito no ponto de saída. A importância das bacias hidrográficas não pode ser subestimada, uma vez que desempenham um papel crucial na dinâmica econômica das comunidades e são caracterizadas por dimensões significativas que demandam o uso de tecnologias avançadas para aprimorar o estudo, planejamento, manejo e gestão dessas áreas. (ANA, 2016).

Diante desse cenário, surge a necessidade crítica de compreender a interação entre elementos naturais e atividades humanas nas bacias hidrográficas. Cunha e Guerra (1999) enfatizam que as bacias hidrográficas oferecem uma perspectiva abrangente para examinar tanto os componentes naturais quanto as atividades humanas que ocorrem dentro delas. Consequentemente, a abordagem de considerar a bacia hidrográfica como uma unidade de gestão implica em estudar minuciosamente todos os seus elementos, incluindo água, solo, flora, fauna, padrões de uso da terra, entre outros, reconhecendo que a bacia é uma entidade composta por elementos naturais e sociais interconectados e em constante transformação.

Apesar de Pernambuco contar com uma legislação robusta, ainda enfrenta desafios significativos relacionados à gestão de suas bacias hidrográficas. Esses desafios são agravados pela localização do estado no polígono das secas da região nordestina, o que resulta em uma oferta hídrica limitada em algumas regiões, caracterizadas por médias pluviométricas abaixo de 800 mm.ano⁻¹, temperaturas médias entre 26 e 28 °C, umidade do ar em torno de 65% e insolação anual superior a 3.000 horas em determinados pontos. Além disso, a evaporação potencial atinge de 2.000 a 2.500 mm.ano⁻¹, ultrapassando a capacidade de recarga dos recursos hídricos. Esses fatores, aliados à drenagem superficial efêmera, contribuem para um balanço hídrico desfavorável, reduzindo a disponibilidade de água (Rebolsas, 1997).

Nesse contexto, o uso do Sensoriamento Remoto (SR) em conjunto com o geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) emergem como ferramentas eficazes para aprimorar o monitoramento e a gestão de bacias hidrográficas de forma mais eficiente e confiável. De acordo com Galvêncio *et al.* (2007), essas tecnologias geoespaciais desempenham um papel crucial na realização de estudos voltados para

a melhoria das práticas de gestão, manejo e uso dos recursos hídricos. Fitz (2008) define as geotecnologias como novas tecnologias relacionadas às geociências, que oferecem avanços significativos na condução de pesquisas e na implementação de ações relacionadas ao planejamento, gestão, uso e vários outros aspectos ligados ao ambiente geográfico.

A região semiárida brasileira é caracterizada pelo bioma caatinga, sendo este o único bioma exclusivamente brasileiro. De acordo com a INSA (2017), a região semiárida engloba cerca de 1.262 municípios, compondo grande parte dos estados da região nordeste do país e se estendendo até o norte do estado de Minas Gerais. Essa região semiárida é caracterizada pelo clima seco e quente, destacando-se por temperaturas elevadas e pela intensa irregularidade de chuvas, no qual o volume das precipitações e os intervalos destas que ocorrem ao longo do tempo também pela Infiltração ser regulada pela textura do solo, e uso e cobertura da terra. Nessa área, a precipitação varia de 150 a 1300 mm/ano e as temperaturas médias anuais nas faixas de 23° C a 27° C. A Profundidade de solo limita a quantidade total de água armazenada no solo. (Suassuna, 2002). Tais fatores ocasionam com que a disponibilidade de água seja um tema fundamental para as atividades humanas no semiárido.

A bacia hidrográfica de Terra Nova, situada no estado de Pernambuco, Brasil, desempenha um papel fundamental no contexto ambiental e socioeconômico da região. Compreender sua caracterização física é essencial para a gestão sustentável dos recursos hídricos e o planejamento adequado do uso da terra. Nos últimos anos, avanços significativos na tecnologia geoespacial e no uso de geotecnologia têm proporcionado novas perspectivas e ferramentas para analisar e compreender essa bacia hidrográfica de forma mais precisa e abrangente.

Neste presente trabalho, exploraremos como a combinação de técnicas de sensoriamento remoto em ambiente SIG e outras tecnologias geotécnicas têm sido aplicadas para caracterizar a paisagem física da bacia de Terra Nova. Essa caracterização abrange uma variedade de aspectos, incluindo a topografia, cobertura do solo, rede hidrográfica, padrões climáticos e outros fatores que desempenham um papel crítico na dinâmica e na vulnerabilidade da bacia.

Ao longo deste estudo, destacamos a importância dessa caracterização física para a

tomada de decisões informadas em questões relacionadas à gestão da água, agricultura, conservação ambiental e resiliência às mudanças climáticas na região. Além disso, examinaremos como a geotecnologia desempenha um papel crucial na obtenção de dados precisos e na criação de modelos que podem servir como base para o planejamento estratégico e ações de preservação.

2. Material e métodos

Localização e Caracterização da Área Experimental

A Bacia Hidrográfica de Terra Nova (BHTN) está localizada no Sertão de Pernambuco, nas coordenadas geográficas 7° 40'20" e 8° 36'57" de latitude sul, e 38° 47'04" e 39° 35' 58" de

longitude oeste (Figura 01) e constitui a Unidade de Planejamento 10 do atual Plano Estadual de Recursos Hídricos (Pernambuco, 2022) e na Região Hidrográfica São Francisco, de acordo com a Divisão Hidrográfica Nacional, instituída pela Resolução 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), possui aproximadamente cerca de 4.906 km² e a rede de drenagem da bacia engloba cerca de 12 Municípios, onde três são totalmente inseridos na bacia sendo eles Cedro, Salgueiro e Terra Nova, dois possuem sede na bacia, Serrita e Verdejante e por fim sete Municípios estão parcialmente inseridos no qual consistem em Belém do São Francisco, Cabrobó, Carnaubeira da Penha, Mirandiba, Orocó, São José do Belmonte e Parnamirim (APAC, 2022).

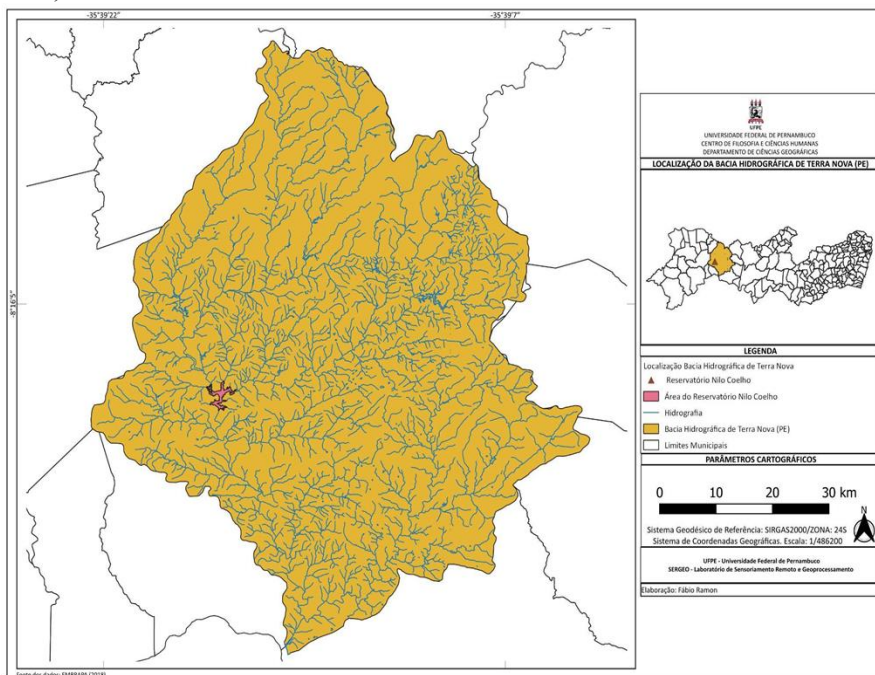


Figura 01 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica de Terra Nova (PE).

A BHTN tem como seus principais tributários o Rio Terra Nova e os riachos: das Traíras, Pocinhos do Tambor, Ipueiras, da Cachoeira, dos Tanques, Acauã, do Mororó, Terra Nova e do Cupiorá. Todos os cursos d'água no município têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico. As águas dos riachos, córregos e açudes que abastecem o reservatório são utilizadas tanto para o consumo humano e para irrigação (APAC, 2022). O principal corpo hídrico de acumulação da região é o Reservatório Nilo Coelho, sendo este um dos maiores do Sertão de Pernambuco, segundo a

(SEINFRA, 2021) com uma área total de 930,887 ha e com capacidade de 22.710.913 m³ de acumulação. As águas dos riachos, córregos e açudes que abastecem o reservatório são utilizadas tanto para o consumo humano como para irrigação.

Aspectos socioeconômicos

O Município de Terra Nova foi criado em 31/12/1958, pela Lei Estadual n. 3.340, sendo formado pelo distrito-sede e pelo povoado Guarani. De acordo com dados do último Censo Demográfico realizado em 2010 – pelo IBGE – a

população residente total é de 9.278 habitantes e a população estimada para o ano de 2021 tenha sido de aproximadamente 10.310 habitantes. Sendo 5.014 (54,04%) na zona urbana e 4.264 (45,96%) na zona rural. Os habitantes do sexo masculino são cerca de 4.723 enquanto a população feminina totalizando aproximadamente 4.555. Segundo dados do Ministério da Saúde, o município de Terra Nova é composto por 6 estabelecimentos de saúde, 11 leitos para internação, 1 farmacêutico e 3 enfermeiros. A taxa de mortalidade infantil, segundo dados da DATASUS é de 73,68 para cada mil crianças (Ministério da Saúde, 2011).

Na área de educação, o Município possui 17 estabelecimentos de ensino médio e fundamental com um total de 2101 alunos matriculados. A rede de ensino totaliza 62 salas de aula, sendo 10 da rede estadual e 52 da rede municipal (Ministério da Educação, 2009). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal-IDH-M é de 0,599. Este índice situa o município em 78º no ranking estadual e em 4167º no nacional. (IBGE, 2015)

Aspectos socioeconômicos

O Município de Terra Nova foi criado em 31/12/1958, pela Lei Estadual n. 3.340, sendo formado pelo distrito-sede e pelo povoado Guarani. De acordo com dados do último Censo Demográfico realizado em 2010 – pelo IBGE – a população residente total é de 9.278 habitantes e a população estimada para o ano de 2021 tenha sido de aproximadamente 10.310 habitantes. Sendo 5.014 (54,04%) na zona urbana e 4.264 (45,96%) na zona rural. Os habitantes do sexo masculino são cerca de 4.723 enquanto a população feminina totalizando aproximadamente 4.555. Segundo dados do Ministério da Saúde, o município de Terra Nova é composto por 6 estabelecimentos de saúde, 11 leitos para internação, 1 farmacêutico e 3 enfermeiros. A taxa de mortalidade infantil, segundo dados da DATASUS é de 73,68 para cada mil crianças. (Ministério da Saúde, 2011).

Na área de educação, o Município possui 17 estabelecimentos de ensino médio e fundamental com um total de 2101 alunos matriculados. A rede de ensino totaliza 62 salas de aula, sendo 10 da rede estadual e 52 da rede municipal (Ministério da Educação, 2009). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal-IDH-M é de 0,599. Este índice situa o município em 78º no ranking estadual e em 4167º no nacional (IBGE, 2015).

2.2 Procedimentos metodológicos

Para elaboração dos mapas, foi utilizado o *software* QGIS (*Quantum Geographic Information System*), versão 3.28.8.

NDVI

Para os cálculos do Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada (NDVI), foram utilizadas imagens do LandSat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*) e LandSat 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*) ambos com resolução espacial de 30 m, disponibilizadas gratuitamente pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Nesse estudo foram utilizadas 4 imagens correspondentes ao de mês 09/2008 do LandSat 5, no qual foi preciso fazer um mosaico das imagens, devido a abrangência da área de estudo, para assim

analisar com maior precisão o índice desejado. Da mesma forma, foi necessário fazer o mosaico das imagens do LandSat 8 para o mês 08/2022, com o objetivo de alcançar a análise espacial da vegetação em Terra Nova.

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é a razão entre a diferença das reflectividades das bandas espectrais no infravermelho próximo e no vermelho e pela soma dessas mesmas reflectividades (Equação 4, Rouse *et al.*, 1973).

$$NDVI = \frac{NIR + RED}{NIR - RED}$$

Onde:

NDVI = Valor do Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada

NIR = Banda do Infravermelho Próximo

RED = Banda do Vermelho

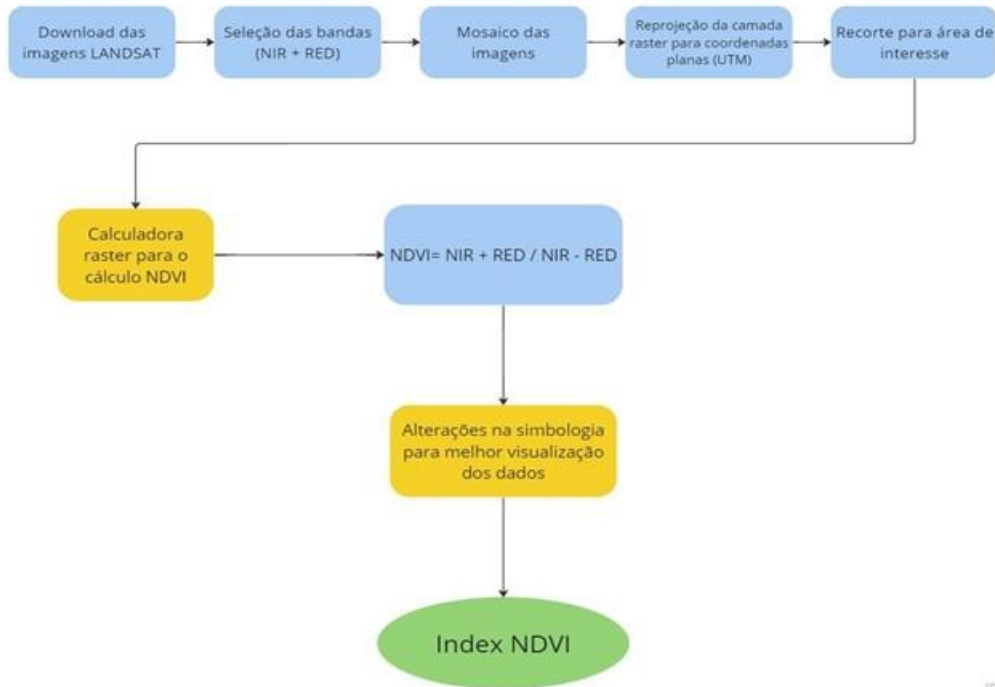


Figura 02 – Fluxograma da metodologia.

Para os demais mapas, foram utilizados dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), onde são disponibilizados dados geológicos, geomorfológicos e pedológicos, auxiliando assim a interpolação desses dados físicos aos arquivos em formato *shapefile*, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

3. Resultados e discussão

Aspectos geológicos

A bacia hidrográfica de Terra Nova encontra-se inserida, geologicamente, na província da Borborema, de modo que sua constituição é dada por litotipos do Complexo São Caetano e das suítes Calcialcalina de médio a Alto Potássio Itaporanga e Shoshonítica Ultrapotássica Triunfo (CPRM, 2005). Essas rochas representam uma

parte significativa da geologia local e influenciam a paisagem e os recursos naturais da região. Da perspectiva geológica (DANTAS, 1980), podemos traçar a predominância das rochas plutônicas ácidas do Pré-Cambriano na bacia hidrográfica de Terra Nova a bacia hidrográfica de Terra Nova tem como predominância rochas plutônicas ácidas do Pré-Cambriano, particularmente as graníticas, e uma menor quantidade de granodioritos (Figura 03). Essas rochas, resultado de intensos processos geológicos e do resfriamento do magma profundo da Terra, são as pedras angulares da geologia local. Sendo de maior relevância também uma combinação de rochas vulcânicas e metamórficas, em diversas proporções, em relação ao Complexo Migmatítico-Granitóide., essas rochas revelam uma história de erupções vulcânicas antigas e transformações de alta pressão e temperatura, que moldaram a paisagem e as características geológicas da área. Se sucedem ainda a dominância circunstâncias de rochas metamórficas, como

xistos, gnaisses e quartzitos, que podem englobar metarcósios e calcário cristalino; raramente são observados recobrimentos no relevo formando chãs no topo de algumas elevações.

É importante ressaltar que, em algumas elevações da bacia, raramente são observados recobrimentos no relevo que formam chãs no topo. Essas formações, provavelmente resultado da erosão e sedimentação ao longo de períodos geológicos, contribuem para a diversidade do relevo na região.

Por fim, a bacia hidrográfica de Terra Nova apresenta uma rica variedade de litotipos, incluindo rochas plutônicas, vulcânicas e metamórficas, que testemunham eventos geológicos complexos ao longo de milhões de anos. Essa diversidade geológica não apenas influencia a paisagem da região, mas também pode ter implicações importantes para a hidrologia, recursos minerais e o meio ambiente local.

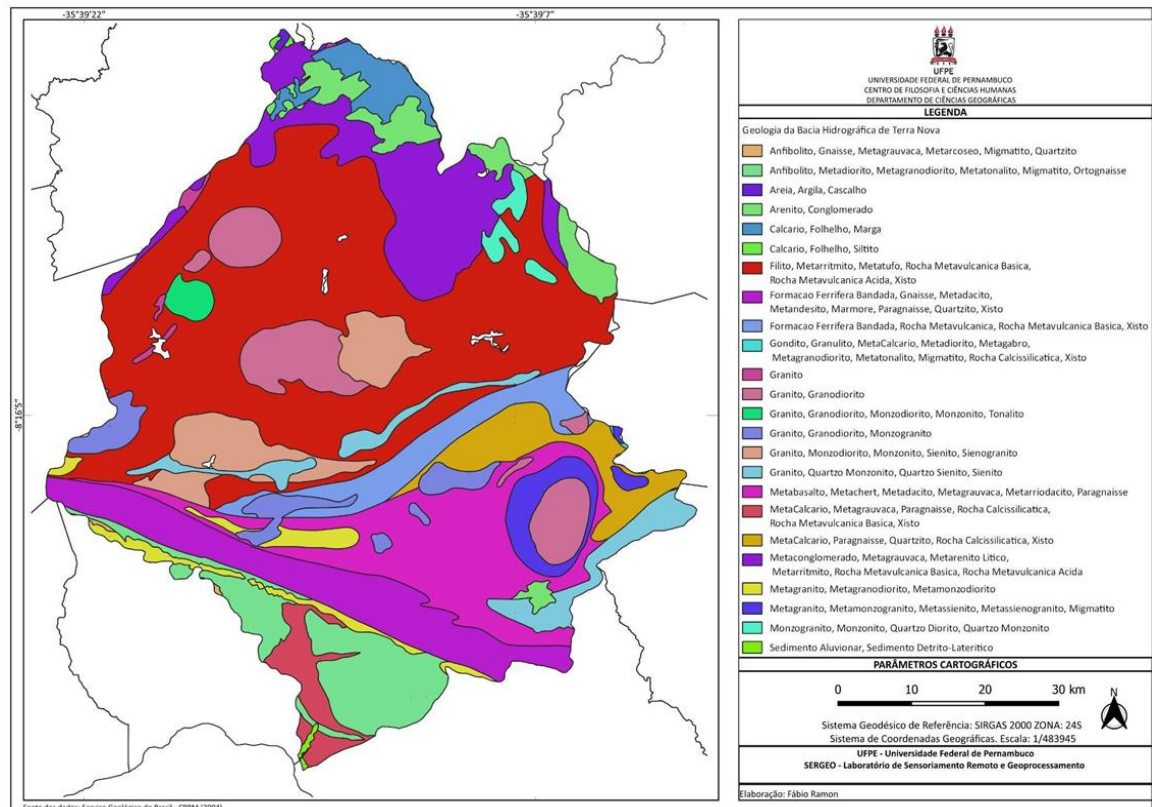


Figura 03 - Geologia da bacia hidrográfica de Terra Nova (PE).

Aspectos geomorfológicos

A geomorfologia desempenha um papel fundamental na investigação das características naturais da superfície terrestre e na compreensão dos processos que moldam as paisagens. No contexto brasileiro, a depressão sertaneja se destaca como uma das unidades geomorfológicas mais intrigantes, oferecendo um terreno fértil para a pesquisa geológica e ambiental. Neste artigo, exploramos os aspectos geomorfológicos da depressão sertaneja, que é a representação típica da paisagem no semiárido nordestino.

A geomorfologia é classificada como depressão sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino (Figura 04), onde é caracterizada por uma superfície de pediplanação de um relevo predominantemente suave-ondulado, esse termo refere-se a uma superfície de relevo plana ou levemente inclinada que se desenvolve devido à erosão e ao intemperismo ao longo do tempo geológico. Essa superfície é um testemunho das forças de erosão que têm atuado na região por milhões de anos. Sendo cortado por vales estreitos, com vertentes dissecadas.

Essas feições geomorfológicas são resultado da erosão hídrica, que esculpiu a paisagem ao longo de períodos geológicos significativos. A água, agindo como um agente erosivo, moldou os vales e aprofundou as vertentes, criando um cenário de grande interesse geológico. Possuindo elevações residuais, cristas e outeiros pontuam a linha de horizonte. Essas características geomorfológicas são testemunhas da ação erosiva intensa que moldou a região ao longo de milênios. As elevações residuais representam áreas onde a erosão foi menos eficiente, preservando pequenas montanhas ou colinas que se destacam na paisagem.

As cristas, por outro lado, são formações alongadas que também resistiram à erosão, criando

características topográficas únicas. Por fim, esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingem o sertão nordestino (CPRM, 2005). Ademais, existindo a presença de relevos isolados e o contraste entre áreas suave-onduladas e vertentes dissecadas na depressão sertaneja, isso indica que essa região testemunhou ciclos intensos de erosão ao longo de sua história geológica. Os processos de erosão, como a ação da água e dos ventos, desempenharam um papel fundamental na formação das feições geomorfológicas encontradas na depressão sertaneja.

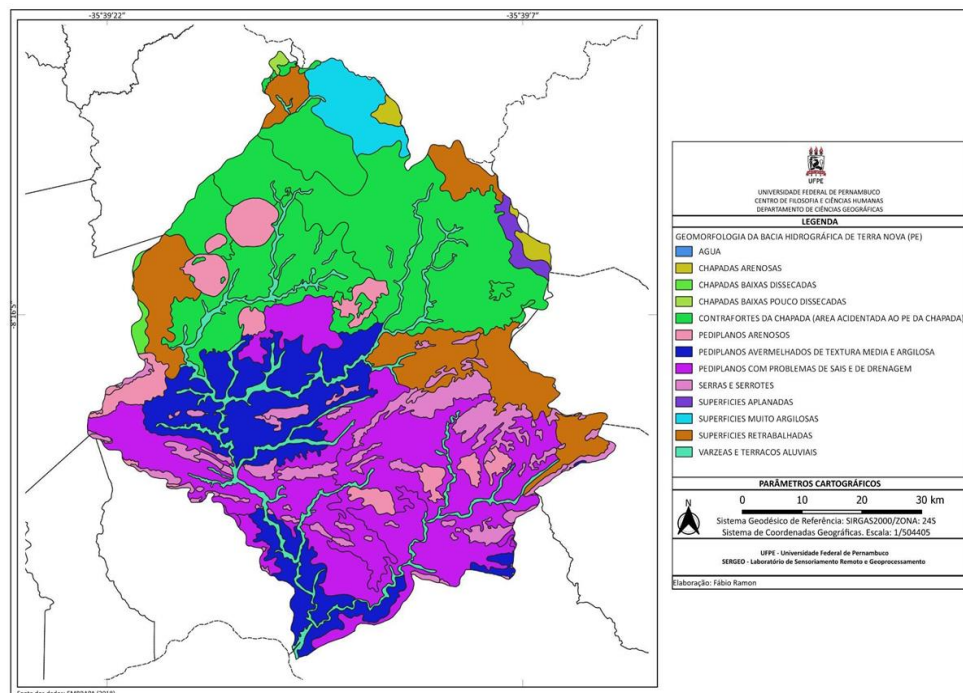


Figura 04 - Geomorfologia da bacia hidrográfica de Terra Nova (PE).

Aspectos climáticos

A compreensão dos aspectos climáticos de uma região desempenha um papel fundamental na análise de sua ecologia, economia e qualidade de vida das populações locais. Neste artigo, exploramos em detalhes os aspectos climáticos do semiárido brasileiro, conforme definido pela classificação de Köppen (1900), examinando a sazonalidade, os padrões de precipitação e evaporação, bem como suas implicações para o ambiente e a sociedade.

O clima da região é semiárido, considerando a classificação de Köppen (1900), que se fundamenta nos valores médios anuais e mensais de temperatura e precipitação. Considera a sazonalidade, a correlação entre tipos climáticos e a distribuição dos biomas. No qual a precipitação de chuvas no semiárido brasileiro é bem definida e se destaca pela alteração espaço-temporal (Figura 05), sendo dois períodos, o chuvoso onde as chuvas se concentram nos meses de janeiro a abril, tendo

uma precipitação média anual de aproximadamente 568 mm, e o período de seca, com pouca precipitação registrada, ocorre entre maio e dezembro. Em consequência das condições

climáticas, a evaporação anual é em média 2.911 mm, superando os totais anuais precipitados (ANA, 2017).

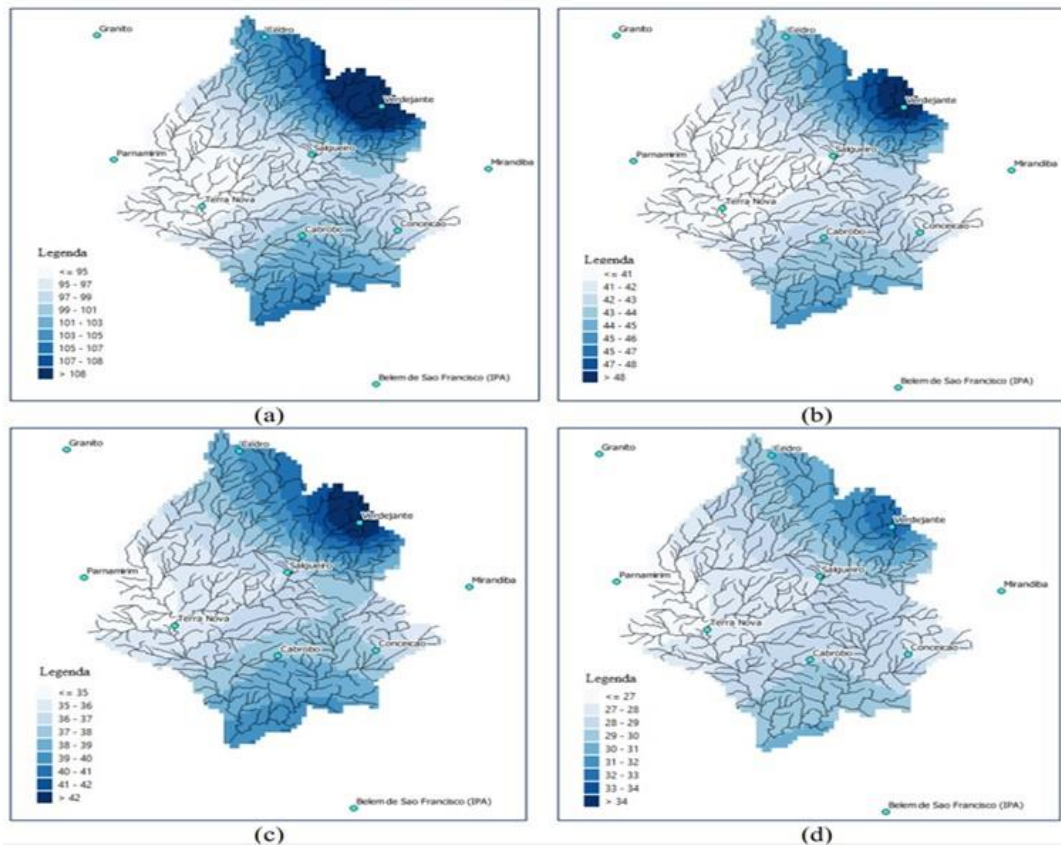


Figura 05 - Distribuição espacial das intensidades de chuva (mm/h) nas durações de 1h (a), 2h (b), 4h (c) e 6h (d) na Bacia Hidrográfica de Terra Nova (PE). Fonte: Adaptado de Neto *et al.* (2021).

Esse desequilíbrio entre a evaporação e a precipitação torna a gestão da água uma preocupação central na região. A escassez de água durante o período de seca aprofunda os desafios hídricos e exige estratégias eficazes de conservação e manejo dos recursos hídricos (Figura 06). A análise dos aspectos climáticos do semiárido brasileiro é essencial para desenvolver estratégias de adaptação, conservação ambiental e gestão dos recursos hídricos. Compreender as variações espaço-temporais nas precipitações, o período de seca e os desafios hídricos permite que governos, pesquisadores e comunidades locais tomem medidas para enfrentar os impactos das condições climáticas.

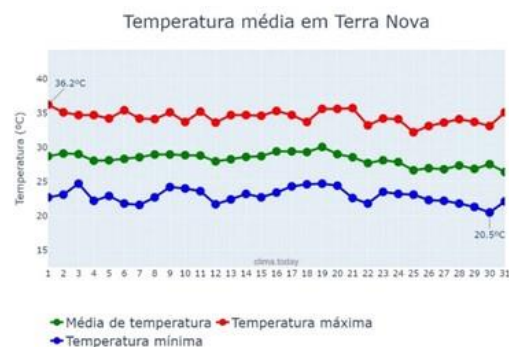


Figura 06 – Climograma da Temperatura Média de Terra Nova. Fonte: Adaptado de Neto *et al.* (2021).

Aspectos pedológicos

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBS), a bacia hidrográfica de Terra Nova possui o predomínio de Planossolos

Nátrico e Neossolos Litólicos, solos mais recorrentes em áreas semiáridas (Figura 07). A pecuária extensiva na vegetação natural constitui o principal aproveitamento destes solos no Nordeste semiárido (EMBRAPA, 2021).

Em menores proporções, observa-se as classes de Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-Amarelo; Cambissolo Háplico; Latossolo Amarelo; Luvisolo Cromico; Neossolo Flúvico; Neossolo Quartzarênico; Neossolo Regolítico e Vertissolo Háplico (SiBS, 2006).

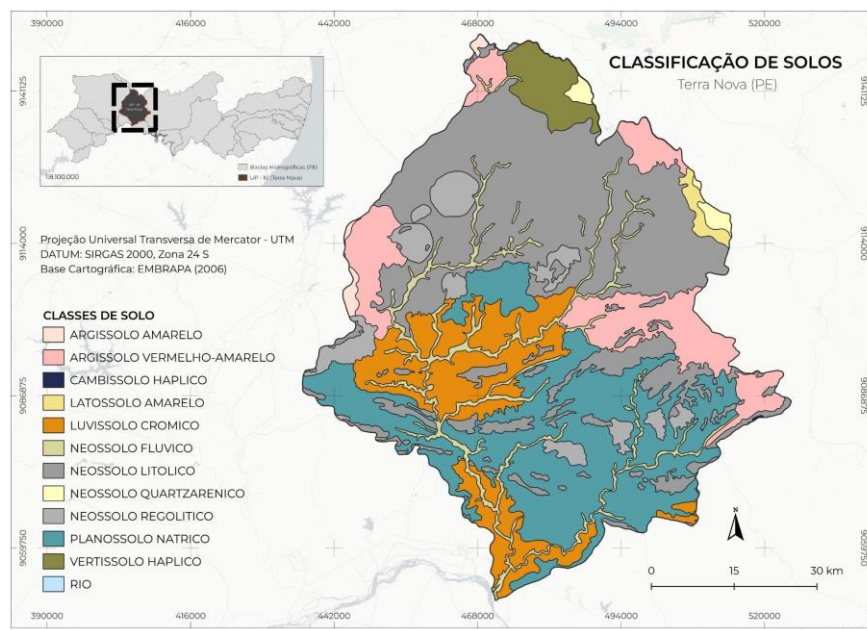


Figura 07 - Distribuição espacial das classes de solo na bacia hidrográfica de Terra Nova (PE).

A análise pedológica na Bacia Hidrográfica de Terra Nova desempenha um papel crítico na compreensão da interação entre os solos, a vegetação e os recursos hídricos. Os Planossolos Nátricos e Neossolos Litólicos predominantes na região apresentam características únicas, como a presença de sais solúveis e a baixa profundidade efetiva, tornando-os suscetíveis a processos de salinização e degradação do solo. Essas informações pedológicas são essenciais para orientar práticas agrícolas adequadas que maximizem o uso sustentável desses solos e minimizem os impactos negativos. Além disso, a identificação de Argissolos, Latossolos e outros solos em menores proporções indica variações nas propriedades físicas e químicas do solo, o que pode influenciar diretamente a capacidade de retenção de água e nutrientes. Esses insights pedológicos são cruciais para orientar estratégias de manejo do solo e contribuir para a conservação de ecossistemas

frágeis na região semiárida. (Guerra e Botelho, 1999; Pacheco *et al.*, 2013).

Além das implicações diretas na agricultura e gestão de recursos naturais, a pesquisa pedológica na Bacia de Terra Nova também assume uma dimensão global. O solo desempenha um papel vital no ciclo do carbono, armazenando grandes quantidades de carbono orgânico e inorgânico. Portanto, compreender a dinâmica desses solos permite não apenas mitigar as mudanças climáticas ao sequestrar carbono, mas também monitorar a resposta do ecossistema à variabilidade climática. Em última análise, os estudos pedológicos na Bacia Hidrográfica de Terra Nova contribuem para a ciência do solo em escala global, fornecendo dados valiosos para pesquisas sobre a influência dos solos nos ciclos biogeoquímicos e no clima da Terra (Monteiro *et al.*, 2017).

Aspectos topográficos

Estando localizada no Planalto da Borborema, a bacia de Terra Nova possui valores iniciais de altitude de 313 metros acima do nível do mar, chegando a 916 metros. Para apresentar esse

aspecto, optou-se pela representação gráfica de altitude através de cores, que nos permite uma melhor visualização e distribuição da topografia (Figura 08).

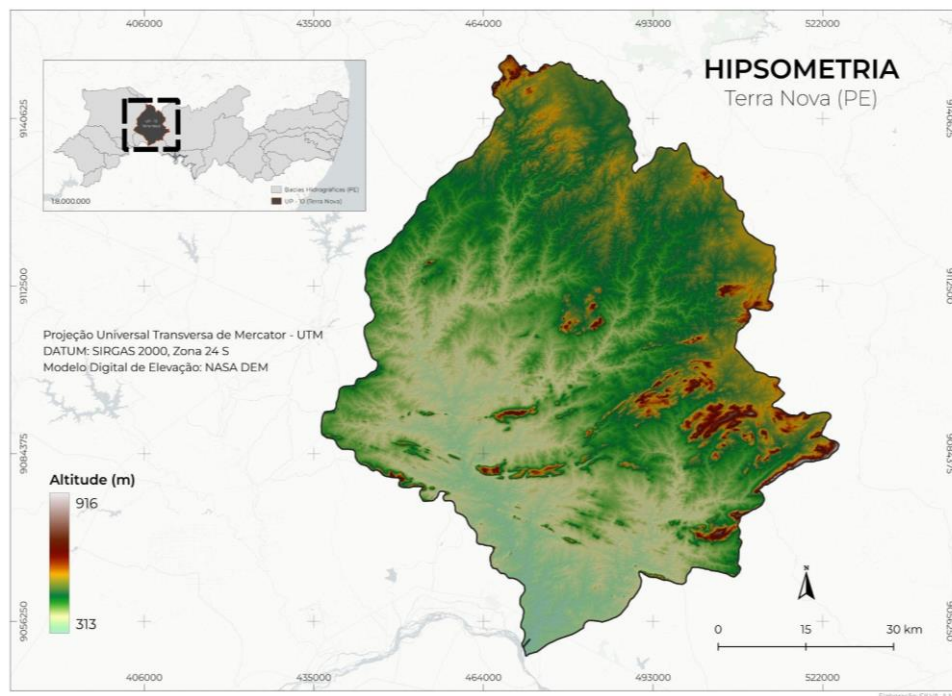


Figura 08 - Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica de Terra Nova (PE).

Compreender a variação altimétrica na Bacia Hidrográfica de Terra Nova, situada no Planalto da Borborema, é de fundamental importância para a análise geográfica e hidrológica dessa região semiárida. A representação gráfica das altitudes por meio de cores oferece uma perspectiva visual única da topografia, destacando a influência das elevações na distribuição da água e dos recursos naturais. A identificação das cotas altimétricas mais baixas na porção Oeste e Sul da bacia, onde Terra Nova deságua no Rio São Francisco, revela a direção do fluxo hídrico e a importância dessa bacia como afluente de um dos maiores rios do Brasil. Essa abordagem altimétrica também permite observar as cotas mais elevadas na porção Leste e Norte da bacia, próximo aos Municípios de Cabrobó e Cedro, evidenciando áreas que podem ser críticas para a conservação da água e a gestão sustentável dos recursos naturais.

A análise altimétrica, além de contribuir para a compreensão da dinâmica hidrológica da

bacia, desempenha um papel crucial na delimitação de áreas suscetíveis a inundações, erosões e deslizamentos de terra. As elevações mais acentuadas nas porções Leste e Norte podem indicar áreas onde a água flui mais rapidamente, o que pode resultar em processos erosivos. Por outro lado, as baixas altitudes na porção Oeste e Sul sugerem áreas propensas a inundações sazonais, exigindo medidas de manejo e planejamento adequadas. Portanto, a análise altimétrica não apenas enriquece a compreensão geográfica da bacia, mas também oferece informações críticas para a gestão de riscos naturais e o desenvolvimento sustentável da região.

Esse tipo de análise é recorrentemente encontrado em estudo de característica ambiental, possibilitando uma observação mais concisa da área de estudo (Pereira e Thomaz, 2013; Asp *et al.*, 2009; Ferreira e Alves, 2017).

Aspectos vegetativos

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), ou Índice de Vegetação por Diferença

Normalizada, é um modelo matemático desenvolvido a partir da relação de absorção

através da reflectância das bandas do infravermelho próximo e da banda do vermelho, avaliando as condições de vegetação da área. De maneira simplificada, é um indicador de biomassa fotossinteticamente ativa que, em outras palavras, representa o quão saudável é a vegetação do local. Permite assim, tanto identificar o que é ou não a vegetação, quanto definir o estado geral dela (Rosendo, 2005).

A figura 09 apresenta os mapas das imagens processadas referentes aos cálculos de NDVI para dois períodos analisados, sendo

09/2008 e 08/2022, representando assim uma janela de 14 anos. Os valores apresentados variam de -1 a 1, sendo os valores próximos a -1 referentes a áreas não vegetadas, e os valores próximos a 1 com áreas de maior densidade vegetal. Percebe-se que na imagem de 09/2008 os valores de NDVI (-0,42 – 0,43) apresentam uma vegetação pouco saudável com os valores próximos a -1 em maior proporção que na data de 08/2022. Na imagem de 08/2022 os valores de NDVI (-0,15 – 0,55) apresentam uma evolução no indicador de biomassa.

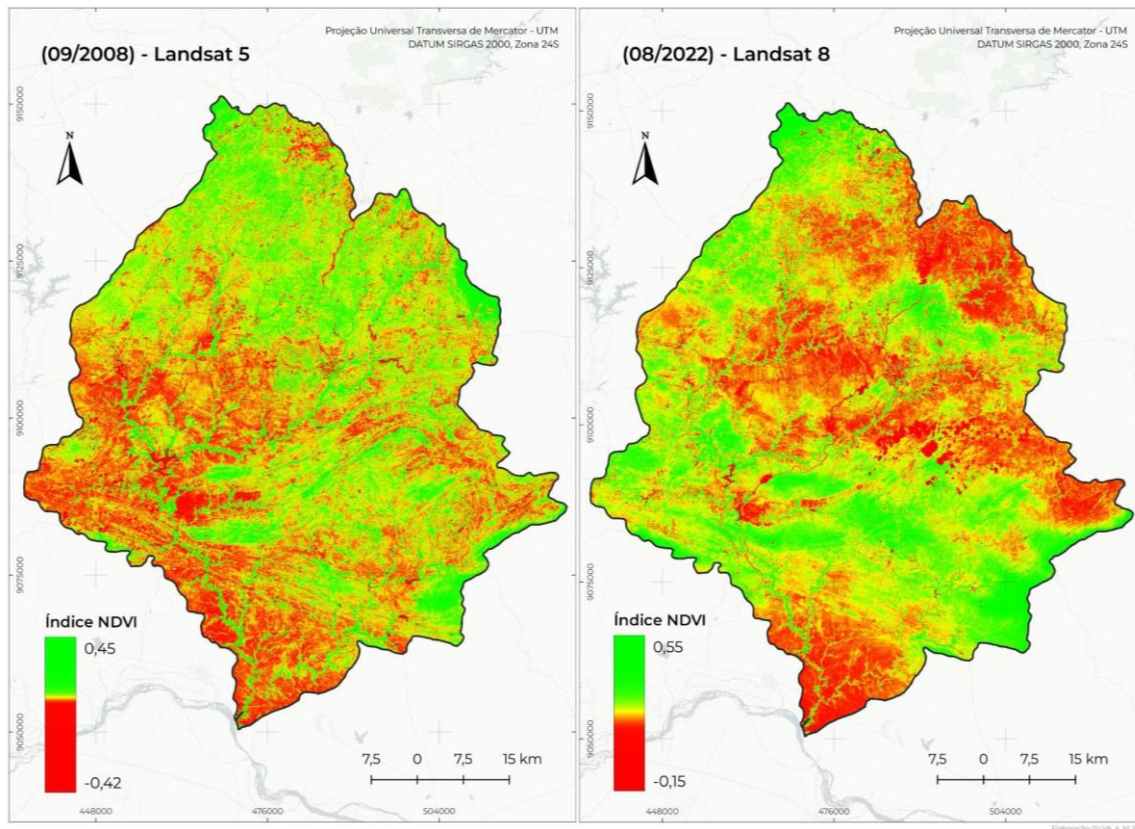


Figura 09 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na bacia hidrográfica de Terra Nova (PE), nos períodos de 09/2008 e 08/2022.

A vegetação na bacia hidrográfica de Terra Nova é influenciada principalmente pelo clima semiárido que caracteriza a região. Isso resulta em um conjunto de plantas adaptadas às condições de aridez e estiagem que são típicas desse ambiente. A vegetação predominante é a Caatinga, o bioma característico do sertão nordestino. A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia. (CPRM, 2005). A vegetação na bacia de Terra Nova desempenha um papel crucial na conservação da biodiversidade. Ela abriga uma variedade de fauna adaptada a esse ambiente, incluindo aves, répteis e

mamíferos. Além disso, a vegetação contribui para a manutenção dos recursos hídricos da região, atuando como um filtro natural para a água e auxiliando na recarga dos aquíferos.

Percebe-se, então, que na porção central e nordeste da bacia houve uma mudança significativa, com uma perda de vegetação. No entanto, a vegetação densa e saudável, com valores próximos a 1, obteve um pequeno aumento de 0,1 em relação ao período anterior. Estudos como de Rosendo (2005), Ponzoni (2001), De Borato e Gomide (2013), enfatizam que essa informação é valiosa para avaliar a biodiversidade, a saúde dos

ecossistemas, a detecção de desmatamento, o monitoramento da agricultura e até mesmo para prever eventos climáticos extremos. Portanto, o NDVI desempenha um papel essencial na gestão ambiental e na tomada de decisões para a conservação e uso sustentável dos recursos naturais na bacia de Terra Nova (PE).

Conclusões

A presente pesquisa proporcionou uma análise abrangente e aprofundada da bacia hidrográfica de Terra Nova, no estado de Pernambuco, através da aplicação de técnicas avançadas de geotecnologia. A caracterização física detalhada desta região desempenhou um papel fundamental na compreensão de sua dinâmica, na identificação de desafios ambientais e na promoção de estratégias de gestão sustentável dos recursos hídricos.

O uso de sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas (SIG) e outras tecnologias geoespaciais permitiu a aquisição de dados precisos e a criação de modelos que serviram como base sólida para o planejamento e o manejo adequado da bacia. Essas ferramentas forneceram insights valiosos sobre a topografia, cobertura do solo, rede hidrográfica e outros aspectos físicos, que são cruciais para a tomada de decisões informadas.

A abordagem de considerar a bacia hidrográfica como uma unidade de gestão, conforme destacado por Cunha e Guerra (1999), provou ser altamente relevante, pois permitiu uma visão holística do comportamento dos elementos naturais e das atividades humanas interconectadas na região. Isso levou a uma compreensão mais profunda dos desafios enfrentados por Pernambuco, especialmente devido à sua posição no polígono das secas do nordeste brasileiro.

Embora Pernambuco tenha uma legislação bem elaborada para a gestão de suas bacias hidrográficas, persistem desafios significativos, incluindo altos custos e ineficiência na gestão.

A oferta hídrica limitada em algumas regiões devido a condições climáticas adversas e a uma alta taxa de evaporação potencial exige uma abordagem estratégica e inovadora para garantir a disponibilidade sustentável de água.

As geotecnologias se destacaram como aliadas valiosas nesse processo. Elas não apenas melhoraram o monitoramento e a análise da bacia hidrográfica de Terra Nova, mas também abriram

novas perspectivas para o desenvolvimento de pesquisas, ações de planejamento, gestão e manejo dos recursos hídricos. A capacidade de compreender o ambiente geográfico de forma abrangente e dinâmica é fundamental para enfrentar os desafios futuros e promover práticas de conservação e uso sustentável dos recursos hídricos.

Portanto, conclui-se que a combinação da caracterização física avançada com o uso eficaz de geotecnologias é essencial para uma gestão sustentável da bacia hidrográfica de Terra Nova (PE). Espera-se que este estudo contribua para a promoção de ações efetivas de preservação e manejo dos recursos hídricos, garantindo um futuro mais resiliente e sustentável para esta importante região.

Agradecimentos

Agradecemos ao XI Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e ao VIII Workshop Internacional de Mudanças Climáticas Biodiversidade pela possibilidade de compartilhar essa pesquisa. Além disso, agradecemos a Universidade Federal de Pernambuco juntamente ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) e o Departamento de Ciências Geográficas (DCG) pela possibilidade de desenvolver a pesquisa com a estrutura na qual a mesma se fez necessária. Ademais, agradecemos a revista pela oportunidade de publicação da pesquisa.

Referências

- Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico 2016. Planejamento, manejo e gestão de bacias hidrográficas. Disponível: <https://planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf> Acesso em 10/09/2023.
- Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico 2017.
- ANEXO E. In: CONEJO, J. G. L. (Ed.). Reservatórios Do Semiárido Brasileiro: hidrologia, balanço hídrico e operação. 1. ed. Brasília: ANA, 2017a.
- Asp, Nils Edvin et al. 2009.

- Geologia e hipsometria de bacias de drenagem do centro-norte catarinense (Brasil): implicações para a zona costeira. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 1, n. 2.
- Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. (1999). *Avaliação e Perícia Ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Clima Today 2022.
Temperatura Média em Terra Nova. Disponível em: < <https://www.clima.today/BR/PE/Terra-Nova/dezembro>> Acesso em: 10 Set 2023.
- De Boratto, I. M.; Gomide, Reinaldo Lúcio 2013. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.
- Dantas, J.R.A. (1980). Mapa geológico do estado de Pernambuco. Recife: DNPM.
- Ferreira, José Helder; Alves, Washington Silva 2017.
Características da hipsometria e do uso da terra na alta bacia do Ribeirão Santo Antônio no município de Iporá-GO. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v. 1, p. 995-999.
- Fitz, P.R. 2008.
Geoprocessamento sem Complicação. São Paulo: Oficina de Textos. 160p.
- Galvêncio, J.; D.; Teixeira, L. J. 2010.
Uso de Geotecnologias para a Caracterização Física Espacial da Bacia Hidrográfica do Grupo de Pequenos Rios Litorâneos (GL2) / PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 02 133-139.
- Guerra, A. J. T.; Botelho, R. G. M. 1996.
Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 19, p. 93-114.
- Instituto Nacional do Semiárido - INSA (2017). Nova delimitação expande o Semiárido até o Maranhão: 73 novos municípios foram incluídos.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE 2022.
Estimativa da população 2015. Estimativa Populacional - 2015. Agosto de 2015. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/terra-nova.html>>. Acesso: 08 Set de 2022.
- Köppen climate classification 2022.
Climatology». *Encyclopædia Britannica* (em inglês). Acesso em: 07 set 2022
- Monteiro, J. M. G. et al. 2017.
Adaptação e mitigação às mudanças climáticas: contribuição dos serviços ecossistêmicos dos solos. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 43, n. 2, p. 32-36.
- Ministério da Saúde 2011.
DATASUS 2011. Disponível em: <<https://datasus.saude.gov.br/>>. Acesso em: 07 set 2023.
- Pacheco, L. P. et al. 2013.
Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.17, n.12, p.1301–1309.
- Pereira, A. A.; Thomaz, E. L. 2013
Hipsometria e declividade da Bacia Hidrográfica do Arroio Palmeirinha, município de Reserva-PR, utilizando o Software Spring. *Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz do Iguaçu, PR, p. 3494-3501.
- Ponzoni, F. J. et al. 2001.
Comportamento Espectral da Vegetação. Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199.
- Rebolsas, A. C. 1997.
Água na região Nordeste: desperdício e escassez. *Estudos Avançados*. São Paulo: v.11, n.29, p. 127-154.
- Rosendo, J. dos S. 2005
Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis. (Dissertação - Mestrado em Geografia e Gestão do Território). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Rouse, J.W. et al. 1973.
Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *Third ERTS Symposium, Proceedings*, NASA SP-351, NASA, Washington, DC, v. 1, p. 309-317.
- Suassuna, J. 2002.
Semi-árido: proposta de convivência com a seca. Fortaleza. Fundação Konrad Adenauer. 13