



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS - CAMPUS IX
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

**ANÁLISE TEMPORAL ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO
REMOTO DA COBERTURA VEGETAL DA BACIA DO RIO GRANDE
NO OESTE DA BAHIA**

DANIEL DA SILVA DE OLIVEIRA

BARREIRAS - BAHIA

JUNHO – 2024

DANIEL DA SILVA DE OLIVEIRA - 121910184

**ANÁLISE TEMPORAL ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO
REMOTO DA COBERTURA VEGETAL DA BACIA DO RIO GRANDE
NO OESTE DA BAHIA**

Monografia apresentada ao Colegiado de Engenharia Agrônoma da Universidade do Estado da Bahia - UNEB - Campus IX, como requisito parcial para avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. MSc. Uldérico Rios de Oliveira.

BARREIRAS - BAHIA

JUNHO – 2024

DANIEL DA SILVA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE TEMPORAL ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO REMOTO
DA COBERTURA VEGETAL DA BACIA DO RIO GRANDE NO OESTE
DA BAHIA**

Monografia avaliada e aprovada em 27 de julho de 2024 pela comissão formada pela seguinte banca examinadora.

Banca Examinadora:

Uldérico Rios Oliveira

**Orientador: MSc.Uldérico Rios de Oliveira
(orientador)**

Documento assinado digitalmente

gov.br

DANIELA ROSSATO STEFANELO

Data: 18/07/2024 16:29:27-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Dr. Daniela Rossato Stefanelo
(UNEB)**

Documento assinado digitalmente

gov.br

TADEU CAVALCANTE REIS

Data: 19/07/2024 11:12:53-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Dr. Tadeu Cavalcante Reis
(UNEB)**

BARREIRAS – BA

2024

Dedico este trabalho àqueles que, como os sensores remotos, sempre me ajudaram a ver mais longe e a alcançar novos horizontes.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. MSc. Uldérico Rios de Oliveira por toda a paciência, colaboração e confiança depositada em minha pessoa.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus professores, que, com sua dedicação e sabedoria, não apenas transmitiram conhecimentos acadêmicos, mas também inspiraram e guiaram meu desenvolvimento pessoal e profissional. Suas orientações foram essenciais para a conclusão deste trabalho e para a minha jornada acadêmica. Obrigado por acreditarem no meu potencial e por serem faróis de conhecimento e inspiração.

Aos meus colegas de turma, minha sincera gratidão pelo apoio, companheirismo e pelas valiosas experiências compartilhadas ao longo desta jornada acadêmica. Foi um privilégio caminhar ao lado de vocês.

À minha mãe Judith da Silva de Oliveira e familiares, agradeço de coração por todo o amor, suporte e incentivo incondicional. Vocês foram minha base e minha força, tornando possível a realização deste sonho. Sou eternamente grato por estarem sempre ao meu lado.

A elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso foi um dos maiores desafios acadêmicos, foi uma jornada de crescimento, aprendizado e superação. Cada etapa deste processo contribuiu para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Este trabalho representa a culminação dos conhecimentos adquiridos e a concretização de um importante sonho.

OLIVEIRA, Daniel Silva. **ANÁLISE TEMPORAL ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO REMOTO DA COBERTURA VEGETAL DA BACIA DO RIO GRANDE NO OESTE DA BAHIA**. 2024. 25 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade do Estado da Bahia, Campus IX, Barreiras - Bahia, 2024.

RESUMO

A Região Oeste da Bahia sofreu fortes mudanças no cenário ambiental ao longo dos anos devido à expansão do agronegócio. Nesse sentido é importante acompanhar a exploração dessa área para monitorar e gerenciar de forma confiável a bacia hidrográfica existentes no local. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar temporalmente a cobertura vegetal a partir de imagens de sensoriamento remoto da bacia do Rio Grande ao longo de 30 anos. Foi realizada a espacialização e quantificação da vegetação nativa da bacia, identificando as mudanças ocorridas ao longo de 30 anos. Foi utilizado o Índice por Diferença Normalizada (NVDI) obtido através do processamento de imagens de satélite. Os resultados encontrados mostraram uma redução no índice de vegetação, onde as vegetações de intervalos $> 0,30$ (vegetação densa) teve uma constante redução no percentual vegetativo ao longo dos anos, e as vegetações com intervalos $< 0,20$ (solo expostos e áreas antropizadas) tiveram um aumento significativo. Portanto, com essa diminuição do índice de vegetação o solo tem ficado mais exposto, notando-se as alterações ao longo dos anos.

Palavras-chave: Imagens de satélite. Geotecnologias. NVDI.

ABSTRACT

The Western Region of Bahia has undergone strong changes in the environmental scenario over the years due to the expansion of agribusiness. In this sense, it is important to monitor the exploration of this area to reliably monitor and manage the existing river basin there. Therefore, this work aims to temporally analyze the vegetation cover based on remote sensing images of the Rio Grande basin over 30 years. The spatialization and quantification of the basin's native vegetation was carried out, identifying the changes that occurred over 30 years. The Normalized Difference Index (NVDI) obtained through the processing of satellite images was used. The results found showed a reduction in the vegetation index, where vegetation with intervals > 0.30 (dense vegetation) had a constant reduction in the vegetative percentage over the years, and vegetation with intervals < 0.20 (exposed soil and areas anthropized) had a significant increase. Therefore, with this decrease in the vegetation index, the soil has become more exposed, with changes noted over the years.

Keywords: Satellite image. Geotechnology. NVDI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área objeto do estudo.....	17
Figura 2. Imagens do NDVI na bacia hidrográfica do rio Grande em 06/1992; 06/2005; e 06/2022.....	19
Figura 3. Percentual de área entre os anos de 1992, 2055 e 2022.....	20
Figura 4. Gráfico de valores médios e desvio padrão nos anos de 1992, 2005 e 2022.....	21

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	O uso do sensoriamento remoto.....	12
2.2	Análise temporal.....	13
2.3	Cobertura vegetal.....	13
2.4	Bacia do Rio Grande.....	14
2.5	O uso do sensoriamento remoto para o monitoramento da cobertura vegetal de bacias hidrográficas.....	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1	Área de estudo.....	17
3.2	Aquisição de dados.....	17
3.3	Processamento de dados.....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5	CONCLUSÃO.....	23
6	REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, com o aumento da tecnologia as ferramentas de geoprocessamento vêm se destacando no desenvolvimento de geotecnologias voltadas para o planejamento, monitoramento e gestão ambiental. E essas geotecnologias abrangem várias técnicas e instrumentos que permitem coletar, processar, analisar, armazenar e manusear informações que podem ser localizadas no espaço através do uso de uma referência geográfica ou georreferenciamento. Abrangem a cartografia digital, o sensoriamento remoto (SR), o sistema de informação geográfica (SIG), o sistema de posicionamento global (GPS), a geodésia e a topografia (Machado *et al.*, 2024).

No cerrado brasileiro a situação das bacias hidrográficas e seus recursos naturais vêm sendo degradados e modificados ao longo do tempo. Com o uso contínuo das terras principalmente na agricultura tradicional e pecuária, junto a características naturais como: declividades acentuadas, precipitações torrenciais e secas extremas, dentre outras, promovem a degradação e diminuem o índice de vegetação nas bacias brasileiras. Com base nos estudos realizados por Alves *et al.*, (2018) verificou-se mudanças contínuas na situação da vegetação das bacias do nordeste.

Desse modo, devido à alta carência de avaliação e acompanhamento dos recursos naturais, indispensáveis à sociedade, técnicas como índices de vegetação têm sido empregadas, aparecendo como importantes indicadores de qualidade ambiental, sendo usado em diversas áreas e trazendo contribuições significativas em diversos estudos (Costa; Ribeiro; Albuquerque, 2020). Os índices de vegetação são ferramentas cruciais para o monitoramento de alterações ambientais, especialmente no estudo da vegetação. Esses índices são calculados a partir de dados de sensores remotos que capturam a refletância da vegetação em diferentes faixas do espectro eletromagnético. (Lima *et al.* 2013).

Segundo Trancoso (2013), “os índices de vegetação foram propostos para a análise do sinal refletido pela vegetação a partir da resposta espectral de comprimentos de onda combinados, sendo que normalmente são utilizados os comprimentos da banda do vermelho (0,6 - 0,7 μ m) e infravermelho próximo (0,7 - 1,1 μ m)”.

A análise de uma região utilizando técnicas de sensoriamento remoto é fundamental para um conhecimento inicial e seu planejamento subsequente. Assim, a estimativa do índice de vegetação da bacia hidrográfica do rio Grande, em conjunto com outros dados importantes, permite uma avaliação da cobertura vegetal nas últimas décadas.

Este trabalho tem como objetivo analisar temporalmente a cobertura vegetal a partir de imagens de sensoriamento remoto da bacia do Rio Grande ao longo de 30 anos.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 O uso do sensoriamento remoto

O uso de sensoriamento remoto é uma ferramenta importante para se monitorar as condições das plantas e do solo e fornecer amparo à tomada de decisões dos produtores rurais. Embora essas técnicas sejam ferramentas poderosas, especialmente em países e regiões em desenvolvimento onde dados precisos de produtividade e estatísticas para avaliação de safras não são acessíveis, ainda existe bastante desenvolvimento que precisa ser feito (Jindo *et al.*, 2021).

O uso dessa tecnologia de sensoriamento se destaca principalmente em alguns fatores: 1) detectar, quantificar, mapear e monitorar taxas de poluição, e seu grau de remediação necessário para seu manejo; 2) responder e facilitar a gestão ambiental e tomada decisões sólidas, baseadas em evidências, em relação aos recursos da terra, em escala global e em diferentes continentes, nações e domínios; 3) fornecer suporte para o crescimento econômico sustentável, resiliência a desastres, gestão de recursos minerais e de energia, segurança alimentar e hídrica e sustentabilidade; 4) e fornece ferramentas para a compreensão as condições passadas e presentes dos sistemas e componentes da Terra, bem como a interação entre eles (Souza, 2021).

O sensoriamento remoto é ferramenta técnica, prática e eficaz no desenvolvimento de análises temporais e espaciais, visto que, a partir do mapeamento é possível mensurar áreas, delimitar e classificar uso e ocupação dos solos, bem como, dimensionar uma possível supressão de remanescentes vegetacionais em dada paisagem. Com isso, o uso dessa tecnologia contribui para identificar possíveis impactos ambientais provenientes das ações do homem, assim como também sustentar projetos de preservação dos recursos naturais, especialmente para as bacias hidrográficas. Visto que, o sensoriamento remoto permite entender a topografia de áreas, sendo este aspecto, importante para o entendimento da dinâmica hidrológica e geoambiental, possibilitando assim uma melhor compreensão dos dados obtidos (Lima *et al.*, 2017).

A Paisagem é a categoria de análise mais empregada nos estudos de cunho ambiental. De modo geral, as análises por sensoriamento, permitem entender as dinâmicas existentes na paisagem e como os componentes e recursos naturais estão distribuídos e se relacionam no meio ambiente. Assim, o uso do

sensoriamento remoto busca avaliar os aspectos do clima, geologia, solo, relevo, altitude, hidrografia, vegetação e uso do solo (Cavalcanti, 2013; Simensen *et al.*, 2018).

Por esse motivo, há a real necessidade de se implementar ações que visem cada vez mais o uso dessa tecnologia, tornando assim uma melhora na análise de imagens.

2.2 Análise temporal

A análise temporal permite avaliar os estágios da cobertura do solo ao longo do tempo. Nela está incluída a análise da vegetação que é um importante indicador da qualidade socioambiental dos lugares onde estão inseridos (LIMA *et al.*, 2015). Com a análise temporal empregada em instituições governamentais federais e estaduais, institutos de pesquisa e organizações não-governamentais vem facilitando diversas iniciativas de mapeamento da cobertura vegetal, com a utilização de dados provenientes de sensores remotos orbitais. Contudo, grande parte dessas amostras são baseadas em análises de imagens de satélite de uma única data. E isso torna difícil uma análise mais apurada da dinâmica das mudanças ocorridas na cobertura e no uso da terra (Bayma, 2015).

Séries temporais foram definidas como sequências de dados quantitativos relacionados a momentos específicos e estudados em relação constante ao tempo no tempo. Esta definição indica a aplicabilidade desse recurso a diferentes finalidades e campos de conhecimento (Antunes; Cardoso, 2015).

Para detectar mudanças na cobertura vegetal da superfície terrestre é necessário a análise de imagens de sensores remotos através de um índice de vegetação, como o NDVI, obtidas de um determinado cenário espacial e temporal (Coelho *et al.*, 2014).

2.3 Cobertura vegetal

A vegetação é um importante indicador geoambiental, pois sofre influência dos fatores climáticos, edafológicos e bióticos. Exerce importante papel na estabilização dos geoambientes, visto que protegem o solo dos processos erosivos,

facilita a distribuição, infiltração e acúmulo das águas pluviais e influência nas condições climáticas do ambiente (Almeida *et al.*, 2012).

Com o aumento da ação humana ao longo dos anos em relação ao ambiente têm causado intensas alterações na paisagem florestal do Brasil (SANTOS *et al.*, 2017). Destarte, a investigação da dinâmica espacial da vegetação torna-se essencial para a preservação e conservação dos ecossistemas em um determinado local específico, bem como desempenhar uma função relevante no equilíbrio dos geoambientes (Silva, 2017).

Com relação as secas vivenciadas ao longo dos anos, há possibilidades que mudanças em coberturas vegetais se tornem cada vez mais comuns, talvez, pela forma de uso que tem levado à ação humana a explorar a vegetação nativa e conseqüentemente sua degradação (Silva, 2017).

O monitoramento da vegetação utilizando técnicas de sensoriamento remoto é realizado através dos Índices de Vegetação, que são formas de processamento digital de imagens utilizadas para análise e monitoramento da cobertura vegetal. Essas análises são medidas radiométricas micro-ondas, as quais indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde, e radiação fotossintética ativa absorvida (Almeida *et al.*, 2016).

2.4 Bacia do Rio Grande

A bacia hidrográfica do Rio Grande, localizada no oeste da Bahia, é uma das principais e mais impactadas sub-bacias do MATOPIBA. O Rio Grande é um rio bastante expressivo no que se refere a importância para a vazão do Rio São Francisco ocupando 13,2% do território estadual. E suas condições atuais tem levado preocupações em relação ao uso destes recursos naturais, mais importante a água, que é importante para a preservação do ecossistema e para o uso da sociedade (Castro, 2021).

A cobertura vegetal do solo mede o quanto a cobertura natural foi modificada por atividades humanas. Florestas e áreas úmidas são amortecedores naturais que regulam o fluxo e qualidade da água. Quando degradadas ou convertidas em pastagens, áreas agrícolas e áreas urbanas, o ecossistema perde a capacidade de regular o ciclo da água. Com base na análise do mapa de uso e cobertura,

observou-se que cerca de metade da área de estudo ainda é coberta por vegetação nativa (Conservation International, 2021).

A Lei Federal nº 9.433/97, descreve a bacia hidrográfica como unidade territorial e com um importante papel nas diretrizes do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), é considerada um marco no aperfeiçoamento da gestão e planejamento desses recursos em nosso ordenamento (Cavalcante, 2016).

O uso da abordagem hidrológica para avaliar o quanto as vazões atuais mudaram em relação às vazões naturais históricas para diferentes pontos da bacia hidrográfica. Sabe-se que, na Bacia do Rio Grande, a ação antrópica está diretamente relacionada à mudança de cobertura do solo e ao aumento da demanda hídrica. Por outro lado, sabe-se que a região vem sofrendo uma redução no volume de precipitações desde 1980, na ordem de 12% entre 1980 e 2015 (Pousa *et al.* 2019).

2.5 O uso do sensoriamento remoto para o monitoramento da cobertura vegetal de bacias hidrográficas

Métodos e técnicas de sensoriamento remoto têm o potencial de fornecer informações da superfície da Terra em larga escala, com alta resolução espacial e temporal, permitindo o monitoramento de diferentes atividades. Essas informações desempenham um papel vital na avaliação e estudo da dinâmica da cobertura vegetal, impactando atividades como agricultura, florestas e meio ambiente (Periasamy, 2018).

Sistemas de aprendizado de máquina tem sido amplamente empregado nas últimas décadas por efeito do poder de prever ou classificar (dependendo do problema em questão) com acurácia e da capacidade de aprendizado com novas informações. O problema de predição abrange o desenvolvimento de uma ferramenta matemática (ou modelo) capaz de gerar predições acuradas, e assim a integração de dados de radar e ópticos na avaliação da vegetação tem sido empregada por predição de índices de vegetação por covariáveis originárias dos radares (Filgueiras *et al.*, 2019; Sivasankar *et al.*, 2018).

A adoção dessas tecnologias se faz importante da análise espacial nos estudos associados à preservação da biodiversidade. Estas ferramentas permitem uma melhor observação e acompanhamento dos fenômenos que se desenvolvem

no espaço, sendo de grande importância para que investigadores e a sociedade civil acompanhem a realidade dos seus recursos ambientais. A efetividade de políticas de preservação também depende de instrumentos que permitam a análise espacial e a interpretação das paisagens, resultando na potencialização das tomadas de decisões no âmbito do planejamento territorial (Varnier, 2022).

E com a análise espacial de bacias a partir do suporte das ferramentas SIG e a facilidade no acesso gratuito de dados de sensores remotos (SRTM), possibilita a produção de dados de forma rápida e eficiente que pode otimizar diversas atividades, como a caracterização de alguns parâmetros ligados à geomorfologia fluvial, como também dinamizando e agilizando a tomada de decisão sobre questões relacionadas à gestão ambiental, possibilitando a junção de dados para análises temporais realizada em diferentes datas (Silva *et al.*, 2017).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Grande (Figura 1), está localizada no Oeste da Bahia, contida nas coordenadas geográficas 10°10' e 13°20'S de latitude e 43°08' e 46°37'O de longitude, estendendo-se em uma área total de 76.974 mil quilômetros quadrados e população de aproximadamente 403 mil pessoas de acordo com levantamento do Censo demográfico de 2022 do IBGE.

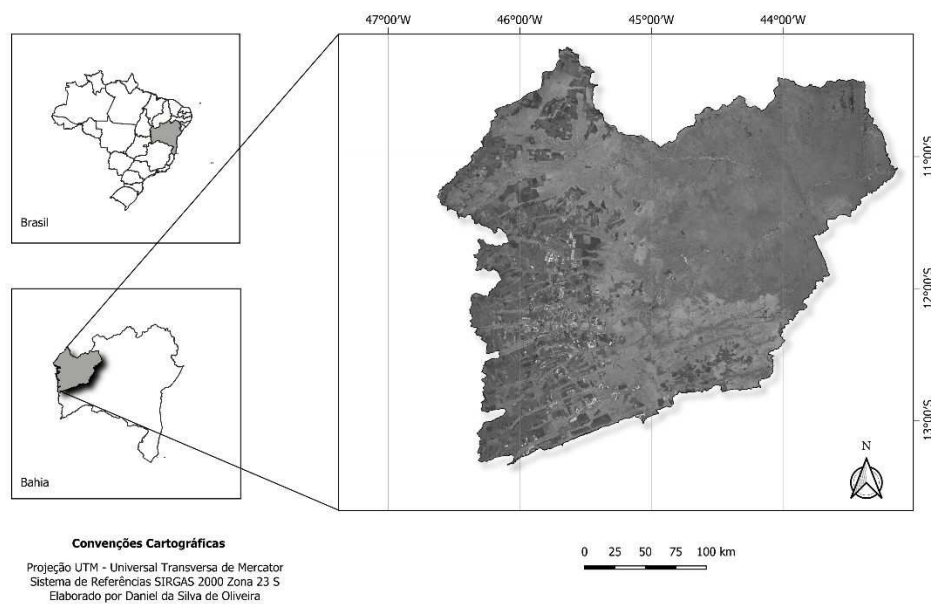


Figura 1. Localização da área objeto do estudo.

3.2 Aquisição de dados

Para a realização deste trabalho foram utilizadas imagens orbitais do Landsat 5, 7 e 9, para um período de 30 anos (1993, 2005 e 2022), obtidas por meio de *download* gratuito do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e United States Geological Survey - USGS.

3.3 Processamento de dados

Foram aplicadas técnicas de processamento digital de imagens, como correção radiométrica nas imagens Landsat 5, 7 e 9, e geométrica nas imagens Landsat 5 e 7 no sistema QGIS versão 3.18. A correção radiométrica foi realizada através da correção atmosférica denominada DOS1 – Dark Object Subtraction, presente no complemento SCP - Semi-Automatic Classification Plugin, para as imagens Landsat.

Foram realizadas as correções geométricas das imagens Landsat 5 e 7, tomando como base a imagem Landsat 9 (obtida já georreferenciada).

O processamento digital das imagens será realizado utilizando o QGIS. Serão usadas as bandas e composição R(4) G(3) B(2) para Landsat 5 e 7, R(5) G(4) B(3) para a Landsat 9.

A partir das imagens obtidas através do *download* foram realizadas a correção radiométrica, atmosférica, diferença normalizada da reflectância e por fim vai ser obtido o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), que irá permitir avaliar a variação da área verde no período de tempo em estudo. O NDVI foi definido de acordo com a equação 1 (Rouse *et al.*, 1973).

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

Onde NIR é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Infravermelho e R é a refletância. Os valores do NDVI variam de -1 a 1, onde 1 representa uma ótima cobertura da vegetação (classificação alta) e < 0 representa a presença de solo exposto (Rouse *et al.*, 1973), possuindo um total de seis classes: Solo exposto, Área antropizada, Vegetação rala, Vegetação esparsa e Vegetação densa.

Logo após esse processo foram criados mapas temáticos para a interpretação dos dados em relação as mudanças em relação aos anos de 1992, 2005 e 2022 de maneira a avaliar as mudanças ambientais ocorridas durante 30 anos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme observado, a Figura 2 representa as imagens da distribuição espacial dos valores do NDVI entre os anos de 1992 a 2022 na bacia hidrográfica analisada. Os maiores valores representados na classe em cor verde escuro, apresentou intervalos $> 0,30$, sendo destacadas pela presença de feições com alto percentual vegetativo, enquanto as áreas com solo exposto e agricultáveis, representados na cor laranja, mostraram os menores valores ($< 0,20$).

Há a presença maior de cores tendendo ao laranja nas imagens mais recentes, as quais representam baixos valores para o NDVI. Na imagem de 1992 é possível notar que uma parte considerável da região da Bacia apresenta NDVI acima de 0,20 (tons de verde), representando aproximadamente 40% do total de pixels e que podem representar forte presença de vegetação. É importante levar em consideração que os valores sofrem interferência em decorrência das épocas do ano, devido a não permanência da quantidade de precipitação pluviométrica.

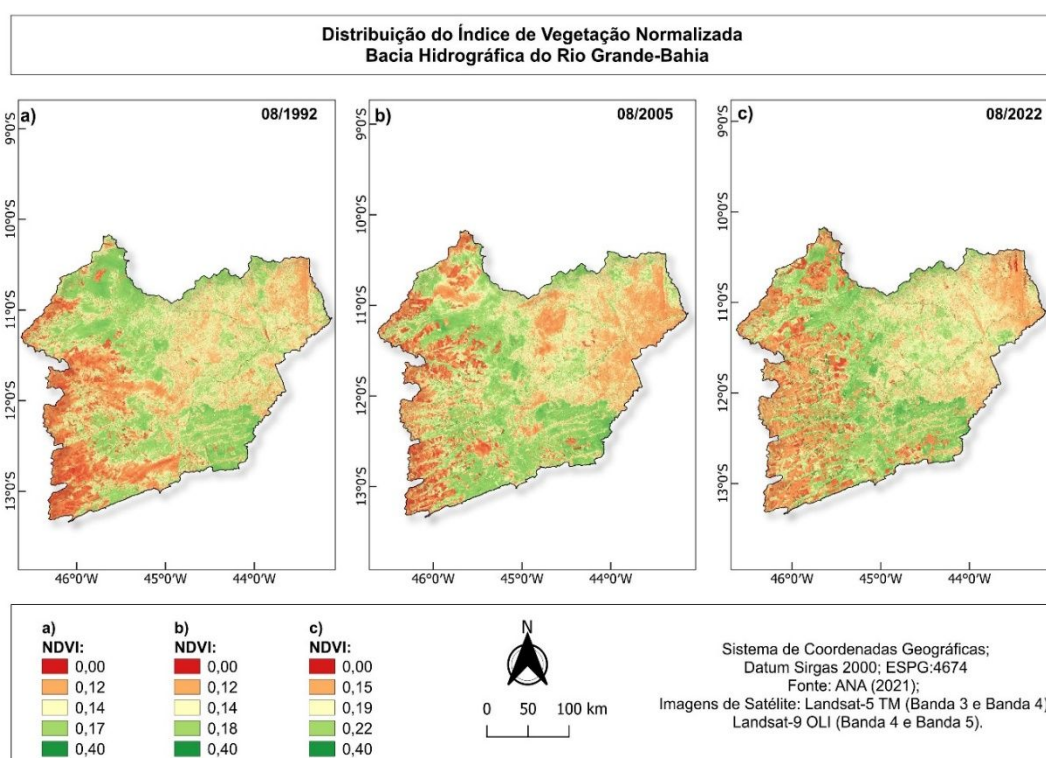


Figura 2. Imagens do NDVI na bacia hidrográfica do rio Grande em 06/1992; 06/2005; e 06/2022

Fonte: Daniel Silva, 2024.

Como podemos observar na figura 3, no ano de 1992, áreas com a presença de solo exposto representavam aproximadamente 12%, enquanto áreas com vegetação densa apresentavam cerca de 14,9%, o que se justifica pelo fato de ser um período onde as atividades agrícolas começaram a ter avanços maiores.

Já no ano de 2005, áreas com a presença de solo exposto tiveram um aumento em relação ao ano de 1992, e áreas com a presença de vegetação densa teve uma queda chegando a aproximadamente 13%, o que se deve ao aumento das áreas cultivadas devido a abertura de novas áreas para produção no cenário agrícola.

Chegando ao ano de 2022, áreas com solo exposto tiveram uma queda, mas em contrapartida se teve um aumento das áreas com solo antropizado e a diminuição de áreas com vegetação densa, que chegou a aproximadamente 9%.

Então de acordo com a figura 3, podemos destacar que as vegetações de intervalos $> 0,30$ (vegetação densa) teve uma constante redução no percentual vegetativo ao longo dos anos, o que se justifica pelo forte desenvolvimento da agricultura, em razão das boas condições ambientais do local e o consequente crescimento do processo de degradação no decorrer do tempo.

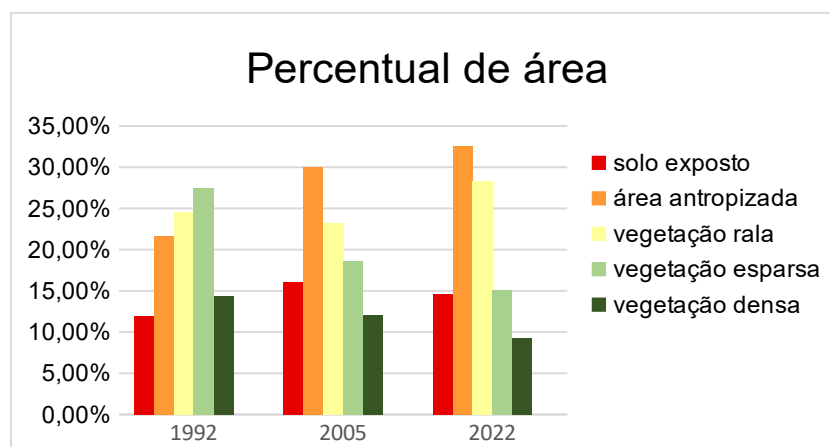


Figura 3. Percentual de área entre os anos de 1992, 2005 e 2022

Fonte: Daniel Silva, 2024

A figura 4 apresentou os valores médios para o NDVI e o desvio padrão, nota-se que não há uma grande variação nos valores médios das cenas nos períodos

analisados: o menor valor foi encontrado para a imagem de 2022 (0,14) e a maior média foi encontrada na imagem de 1992 (0,18), o que pode ser justificado pela maior presença de vegetação mais densa para o ano de 1992. Nota-se também no gráfico que o desvio padrão foi alto em todas as cenas, apresentando variação em torno da média com valores compreendidos entre 0,41 a 0,58.

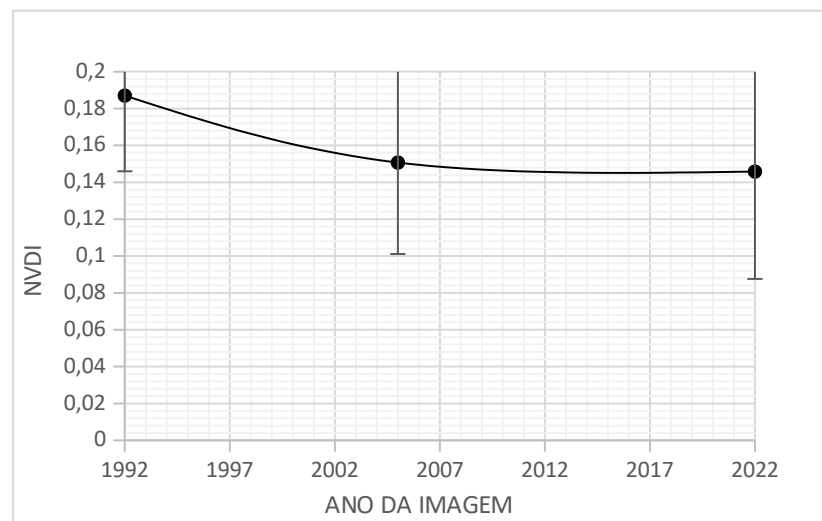


Figura 4. Gráfico de valores médios e desvio padrão nos anos de 1992, 2005 e 2022.

Fonte: Daniel Silva, 2024

Os valores altos do desvio padrão das imagens são justificados pela mudança da cobertura e uso do solo ao longo dos anos, e as intensas transformações que a bacia hidrográfica do rio Grande apresentou, tendo uma grande variação nos valores de NVDI. As áreas com maior índice vegetativo têm um maior valor, enquanto as com solo exposto tem menores valores, alterando assim, os valores de máximo e mínimo.

A partir dos resultados conferidos nas Figuras 3 e 4, é possível apurar que ocorreu uma redução na porcentagem de NVDI acima de 0,30. Assim sendo, observou-se que os níveis de vegetação sofreram intensas modificações o que colabora com todos os resultados mostrados na Figura 2.

De acordo com resultados encontrados por Telles et al (2022) entre os anos de 1994 a 2007 verificou-se que houve um aumento considerável na presença de solo exposto na bacia do rio Branco - BA, indicando um aumento no uso e ocupação do solo na região, com uma redução aproximada de 28% da vegetação nativa. No período de 2007 a 2020 observamos a intensificação de áreas com solos expostos, evidenciado a ocupação dessas áreas.

Portanto, assim como também em resultados encontrados por Soares *et al.* (2018) através da análise multitemporal do NDVI, foi possível constatar que houve um intenso uso do solo destinado as práticas agrícolas na área da bacia do rio Grande, onde ele mostrou alterações na cobertura verde, destacando redução de 34% na classe com vegetação nativa de maior densidade ($> 0,50$) e aumento de 34% nas classes com vegetação esparsa e/ou solos expostos.

5 CONCLUSÃO

Através da análise temporal do NDVI, foi possível notar que com o uso intenso do solo destinado as áreas agrícolas na área em estudo, tem promovido alterações na cobertura verde, e aumentando as áreas com solo exposto. E para pesquisas futuras seria uma ótima opção investigar a implementação de práticas agrícolas sustentáveis e seus impactos na recuperação da cobertura vegetal e na redução das áreas de solo exposto, promovendo assim uma gestão mais equilibrada e ecológica do uso do solo.

6 REFERÊNCIAS

JINDO, K.; KOZAN, O.; ISEKI, K. Potential utilization of satellite remote sensing for field-based agricultural studies. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 8, n. 58, 2021.

MERTIKAS, S. P. *et al.* Environmental applications of remote sensing. **Pollution Assessment for Sustainable Practices in Applied Sciences and Engineering**. 1. ed. [s.l.], Butterworth-Heinemann, 2021. p. 107-163.

MACHADO, G. M. P. N.; SILVA, B. A.; PEDROSA, V. G. O.; BATISTA, T. B. O uso do geoprocessamento como ferramenta de monitoramento de áreas degradadas. **Revista**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 130, p. 1-10, 2024.

COSTA, B. *et al.* Caracterização agrônômica da cultura do café com auxílio de ferramentas do controle estatístico e sensoriamento remoto terrestre. 2019. **Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de PósGraduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019.**

CONSERVATION INTERNATIONAL. **User Manual Version 1.2.1**, 14 de agosto de 2021. Disponível em: <https://www.freshwaterhealthindex.org/tool/index.html>. Acessado em: 08/03/2024

ALVES, T. *et al.* Evolução espaço-temporal do albedo e da cobertura vegetal da superfície na bacia hidrográfica do alto curso do rio paraíba. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 66, p. 147-171, 2018.

COELHO, V. H. *et al.* Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 64-72, 2014.

LIMA, F. N; SILVA, B; & DUARTE, S. M. A. (2017) Caracterização ambiental da sub-bacia do rio Taperoá – Paraíba. Guarapuava: **Ambiência** v.13. n.2 (mai/ago). <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2017.02.02>.

CAVALCANTI, L.C.S. (2018) Cartografia de Paisagens: fundamentos. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2º edição, 96p.

BAYMA; PANHOL. (2015) Análise do potencial de séries temporais de índices de vegetação (NDVI e EVI) do sensor modis para detecção de desmatamentos no bioma Cerrado. **BCG - Boletim de Ciências Geodésicas** - On-Line version. 2015.

SILVA, E.J *et al.* (2017) Sensoriamento remoto no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos. 2017.

Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/437/1159>
Acessado em: 13/09/2023

ANTUNES; CARDOSO. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v. 2, n.55, 2015.

ALMEIDA, N. V.; CUNHA, S. B.; NASCIMENTO, F. R. A cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, nordeste do Brasil/Paraíba. **Revista Geonorte**, v.3, n.4, p.365-378, 2012.

PERIASAMY, S. Significance of dual polarimetric synthetic aperture radar in biomass retrieval: An attempt on Sentinel-1. **Remote Sensing of Environment**, v. 217, n. September, p. 537–549, 2018.

GÉRON, A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2017.

KUHN, M.; JOHNSON, K. Applied Predictive Modeling. New York, NY: Springer New York, 2013.

FILGUEIRAS, R. *et al.* Crop NDVI Monitoring Based on Sentinel 1. **Remote Sensing**, v. 11, n. 12, p. 1441, 2019.

VARNIER. (2022) Monitoramento da biodiversidade e análise espacial a partir do sensoriamento remoto: estudo de caso sobre a introdução de árvores exóticas no Planalto Catarinense, **Boletim Alfenense de Geografia** v.2, n.4, 2022.

Trancoso, R. 2013, Análise comparativa de índices de vegetação por categoria territorial nos estados do Pará e do Mato Grosso, **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, pp. 3344-3351.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. Proceedings. Washington: **NASA**, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

SOARES, R. C. *et al.* Análise multitemporal da vegetação da bacia hidrográfica do rio Grande – Ba. 2019. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, 14 a 17 de abril, Santos –SP, Santos: INPE, p. 452-457, 2019.

TELLES, D. A. *et al.* Análise temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (ndvi) na bacia hidrográfica do rio branco – Ba. 2022. **Revista Geociências**, v. 41, n. 2, p. 497 - 502, 2022.