



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS DEPARTAMENTO DE
CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS

CARLOS JOSE DOS SANTOS FREITAS

USO DE DRONE E SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTUDOS AMBIENTAIS
EM PERÍMETROS IRRIGADOS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Recife

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS DEPARTAMENTO DE
CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA –
LICENCIATURA

CARLOS JOSÉ DOS SANTOS FREITAS

USO DE DRONE E SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTUDOS AMBIENTAIS
EM PERÍMETROS IRRIGADOS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientadora: Josiclêda Domiciano Galvínio

Coorientadora: Cristiana Coutinho Duarte

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Freitas, Carlos José dos Santos .

Uso de drone e sensoriamento remoto para estudos ambientais em perímetros irrigados na gestão de recursos hídricos / Carlos José dos Santos Freitas. - Recife, 2023.

p.46 : il., tab.

Orientador(a): Josiclêda Domiciano Galvêncio

Coorientador(a): Cristiana Coutinho Duarte

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Geografia - Licenciatura, 2023.

1. Sensoriamento Remoto. 2. Drone. 3. Análise Ambiental. 4. Rio São Francisco. 5. Áreas Irrigadas. I. Domiciano Galvêncio, Josiclêda . (Orientação). II. Coutinho Duarte, Cristiana. (Coorientação). IV. Título.

550 CDD (22.ed.)

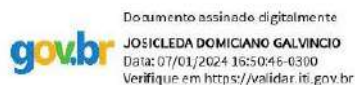
CARLOS JOSÉ DOS SANTOS FREITAS

**USO DE DRONE E SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTUDOS AMBIENTAIS
EM PERÍMETROS IRRIGADOS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Monografia apresentada ao Curso de
Licenciatura em Geografia da
Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito para
obtenção do título de Licenciado em
Geografia.

Aprovado em: 02/10/2023

BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Josiclêda Domiciano Galvêncio (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Talitha Lucena de Vasconcelos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar expressando minha gratidão a Deus, por conceder-me todas as conquistas e por ser minha fonte de força.

Em seguida, quero dedicar estes agradecimentos à minha incrível família, meus pais Cileide e Rildo, e também ao meu irmão Eduardo. Sua presença constante e apoio incansável foram essenciais em todas as fases da minha vida, inclusive nesta conclusão da graduação.

Não posso deixar de agradecer profundamente à minha companheira, Gerlane, pela sua compreensão das minhas dificuldades e anseios. Ela sempre buscou auxiliar e contribuir da melhor forma possível. Além disso, quero destacar a inteligência notável e seu futuro brilhante.

Também desejo expressar minha gratidão aos amigos de infância, com quem cresci na comunidade do Amaro Branco e compartilhei toda jornada. Ver meu primo Victor passar para Direito foi um momento crucial que me fez acreditar que era possível para alguém como eu da favela, entrar em uma universidade. Isso foi possível graças às políticas públicas e a todos os exemplos inspiradores que encontrei ao longo do caminho. Espero que outros também possam se inspirar na minha jornada.

Meu agradecimento se estende aos espaços acadêmicos que fizeram parte da minha jornada na UPPE, como o GEHPEG, Graduação, SigaGEO e Espaço Ciência.

Em especial, quero reconhecer a importância de três espaços na UFPE que foram fundamentais para a minha graduação: o PETGeografia, o GEGEP e o SERGEO.

Fazer parte do PET Geografia foi um privilégio único, considerando que apenas um número limitado de pessoas é admitido a cada ano. Agradeço a todos que fizeram parte dessa jornada grandiosa e emocionante.

O GEGEP se tornou minha segunda casa e família desde o início, e sou grato por conviver e aprender diariamente com a professora Cristiane e todos os membros da família GEGEP.

O SERGEO desempenhou um papel significativo em minhas conquistas acadêmicas, e dedicou muito à professora Josiclea e a todos os membros do grupo. Eles me fizeram acreditar que eu poderia alcançar grandes objetivos na geografia e no mundo.

Agradeço a todos, pois acredito firmemente que, na vida, nada é conquistado sozinho. Tudo o que alcancei é resultado das contribuições do espaço, do tempo e das pessoas que estiveram ao meu lado. Sou grato a todos e celebro o amor pela geografia que Deus me concedeu. Gratidão.

“As pessoas felizes lembram o passado com gratidão, alegram-se com o presente e encaram o futuro sem medo.” (EPICURO).

RESUMO

A Transposição do Rio São Francisco é um projeto ambicioso de infraestrutura hídrica brasileira que visa direcionar as águas do Rio São Francisco para abastecer áreas áridas do Nordeste. O projeto consiste em dois eixos principais, o Norte e o Leste, que abastecem diferentes estados nordestinos. A jornada de Transposição tem sido marcada por desafios, incluindo problemas ambientais, atrasos na construção e controvérsias, enquanto continua sendo uma iniciativa para aliviar a escassez de água no Nordeste. O estudo focou nas áreas irrigadas da Bacia hidrográfica do rio Terra Nova e na influência da transposição do rio São Francisco na cobertura do solo, utilizando sensoriamento remoto e imagens de drones. A construção de mapas de uso do solo a partir de imagens de drone revelou que a proximidade dos canais de transposição do rio São Francisco afeta significativamente o uso da terra. Antes da construção do PISF, houve uma diminuição significativa da vegetação nativa em favor de pastagens. Após a implementação do PISF, a região viu um aumento específico na agricultura temporária e permanente, ocupando terras anteriormente dominadas pela vegetação nativa e diminuindo as áreas de pastagem. A região Nordeste, especialmente o Semiárido, enfrentou desafios históricos relacionados à seca, e a Transposição do Rio São Francisco trouxe esperança para a segurança hídrica regional, o que também modificou o uso e ocupação da terra. O estudo sobre as áreas irrigadas pelo PISF na Bacia do rio Terra Nova utiliza tecnologias avançadas para demonstrar maneiras mais eficientes de gerenciar os recursos hídricos, o que pode contribuir para o desenvolvimento regional e melhorar a qualidade de vida da população no Semiárido nordestino.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; Drone; Análise Ambiental; Rio São Francisco; áreas irrigadas.

ABSTRACT

The São Francisco River Transposition is an ambitious Brazilian water infrastructure project that aims to direct the waters of the São Francisco River to supply arid areas in the Northeast. The project consists of two main axes, the North and the East, which supply different northeastern states. The Transposition journey has been marked by challenges, including environmental problems, construction delays and controversies, while it remains an initiative to alleviate water scarcity in the Northeast. The study focused on irrigated areas of the Terra Nova River Basin and the influence of the transposition of the São Francisco River on soil cover, using remote sensing and drone images. The construction of land use maps from drone images revealed that the proximity of the São Francisco River transposition channels significantly affects land use. Before the construction of the PISF, there was a significant decrease in native vegetation in favor of pastures. However, following the implementation of PISF, the region saw a specific increase in temporary and permanent agriculture, taking over lands previously dominated by native vegetation and decreasing pasture areas. In summary, the Northeast region, especially the Semiarid region, faced historical challenges related to drought, and the Transposition of the São Francisco River brought hope for regional water security, which also changed the use and occupation of land. The study on areas irrigated by PISF in the Terra Nova River Basin uses advanced technologies to demonstrate more efficient ways of managing water resources, which can contribute to regional development and improve the quality of life of the population in the northeastern semi-arid region.

Keywords: remote sensing; Drone; environmental analysis; São Francisco River; irrigated areas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Bandamento - Imagens de Satélite Pancromáticas e Fusão de imagens.	19
Figura 2 –	Estruturas do Projeto de Integração do Rio São Francisco evidenciadas em trabalho de campo.	25
Figura 3 –	Mapa de Localização da Bacia do rio Terra Nova e dos Municípios que a Bacia perpassa.	26
Figura 4 –	Mapa de Hipsometria, Fluxo de Água e Declividade da Bacia Hidrográfica do rio Terra Nova.	27
Figura 5 –	Análise de imagens baseada em objetos para sensoriamento remoto.	29
Figura 6 –	Amostragem da utilização de imagens de drone e satélite para utilização em diagnósticos de uso e cobertura do solo.	31
Figura 7-	Amostragem da utilização de imagens de drone e satélite para criação de polígonos identificadores.	32
Figura 8-	Mapa da amplitude e demonstração da localização das áreas irrigadas de detalhe.	33
Figura 9-	Mapa de Uso e Cobertura do Solo na sub-bacia 16 da Bacia Hidrografia do Rio Terra Nova, projeto 1.	34
Figura 10-	Mapa de Uso e Cobertura do Solo na sub-bacia 16 da Bacia hidrográfica do Rio Terra Nova, projeto 2.	35
Figura 11-	Mapa de Uso e Cobertura do Solo na sub-bacia 16 da Bacia hidrográfica do Rio Terra Nova, projeto 3.	36
Figura 12-	Mapa de Uso e Cobertura do Solo na sub-bacia 16 da Bacia hidrográfica do Rio Terra Nova, projeto 4.	37
Figura 13-	Mapa espaço temporal de Uso e Cobertura envolvendo o recorte dos anos de 1985, 2007 e 2022.	40
Quadro 1-	Nomenclatura e características dos polígonos desenvolvidos nas imagens de Drone.	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Características da Câmera Imageadora CBERS 04A (WPM).	18
Tabela 2 –	Quantitativo populacional dos municípios inseridos na bacia.	26
Tabela 3 –	Distância e área de plantio dos quatro projetos.	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Climas.
BHRTN	Bacia Hidrográfica do Rio Terra Nova.
ESRI	Environmental Systems Research Institute.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
PISF	Projeto de Integração do Rio São Francisco.
SIG	Sistema de informação geográfica.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVO	16
2.1 Objetivo Geral	
2.2 Objetivos Específicos	
3. METODOLOGIA	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 TRAJETÓRIA DA TRANSPosição DO RIO SÃO FRANCISCO E A ESPACIALIDADE DA TRANSPosição NO TERRITÓRIO DE ESTUDO CARACTERIZANDO AS ÁREAS IRRIGADAS NA BACIA DE TERRA NOVA - PE.	
4.1.1 Trajetória da Transposição do Rio São Francisco	
4.1.1.1 Antecedentes Históricos	22
4.1.1.2 Estudos Iniciais.....	23
4.1.1.3 Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF)	24
4.1.1.4 Desenvolvimento, Construção, Desafios e Controvérsias	24
4.1.2 Espacialidade e Caracterização da Transposição e Bacia de Terra Nova.....	24
4.2 ACURÁCIA DA ANÁLISE DE USO E COBERTURA DA TERRA COM IMAGENS DE SATÉLITE E DRONE.....	29
4.2.1 Aspectos, Amostragem e Contrapontos do uso e cobertura da utilização das imagens de drone e Satélite em estudos de áreas irrigadas e plantio	29
4.2.2 Utilização da Imagem da imagem de drone para criação de polígonos nas áreas de detalhe e caracterização da região em detrimento ao canal da transposição.....	33
4.3 ANÁLISE DA MODIFICAÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DO TERRITÓRIO DA BACIA DE TERRA NOVA COM A CHEGADA DA TRANSPosição A PARTIR DO SENSORIAMENTO REMOTO	39
5. CONCLUSÃO.....	42
6. REFERÊNCIAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

As áreas irrigadas resultantes da transposição do rio São Francisco representam um avanço significativo para a agricultura no Nordeste brasileiro. É crucial implementar um monitoramento eficaz e um gerenciamento cuidadoso para garantir o desenvolvimento sustentável dessas regiões, preservando, assim, o meio ambiente.

Parte considerável da região Nordeste brasileira, especificamente a região conhecida como Semiárido, que abrange a maior parte do Sertão e do Agreste nordestinos, convive historicamente com o problema da seca (CASTRO, 2010). O Semiárido abrange 57% da área total do Nordeste, abriga aproximadamente 40% de sua população e tem precipitação média anual inferior a 800 mm (SUASSUNA, 2005).

Devido às condições climáticas adversas que afetam a população do Semiárido, a região recebe uma atenção do governo ao longo da história do país para tentar solucionar tal objetivo, que por vezes não caminhava para uma solução desenvolvimentista. O propósito das iniciativas governamentais sempre esteve centrado na meta de melhorar a qualidade de vida das pessoas que vivem no sertão, enfrentando as dificuldades impostas pelo clima. Contudo, em geral, os resultados não alcançaram as expectativas, e as condições de vida na região eram praticamente reduzidas.

Com o surgimento da construção da transposição do Rio São Francisco, muito se especulou sobre as possibilidades de melhores condições de vida da população nordestina. A região Nordeste possui 28% dos habitantes do Brasil (IBGE, 2010) e apenas 3% da água doce disponível no país. Pensando nisso, o Governo Federal trouxe para essa região o PISF, a maior obra de infraestrutura hídrica do país. O projeto beneficia mais de 12 milhões de pessoas, 390 municípios e 4 estados, sendo eles Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

Conforme o Ministério do Desenvolvimento Regional (2022), as obras do Projeto de Integração do São Francisco (PISF) formam um grande sistema hidráulico que garante segurança hídrica para consumo humano, contribui com a melhoria da produção de alimentos, da criação de animais e gera empregos. Assim, o PISF proporcionará o desenvolvimento regional e a inclusão social e econômica da população nos estados que receberão águas do Rio São Francisco.

O presente trabalho busca compreender as dinâmicas das áreas irrigadas do PISF e também desenvolver uma análise dos territórios irrigados, com ênfase nas áreas de detalhe que terão sobrevoos de drone. Portanto, objetivou-se compreender a relação territorial e a

característica do uso e ocupação da terra em detrimento das distâncias das áreas de estudos para o canal de transposição e por fim, obter um parâmetro das interferências desses fatores para o desenvolvimento da gestão e distribuição dos recursos hídricos no Projeto de Integração do Rio São Francisco.

A área de estudo é a Bacia hidrográfica de Terra Nova que apresenta o clima semiárido, do tipo BSH, caracterizados pela baixa umidade e pouco volume pluviométrico segundo mapa climático de (Köppen e Geiger, 1928) e que em seu território conta com a passagem do eixo Norte da Transposição do Rio São Francisco.

A Unidade de Planejamento Hídrico UP10, que corresponde à bacia do rio Terra Nova, está localizada no Sertão de Pernambuco, entre 7° 40'20" e 8° 36'57" de latitude sul, e 38° 47'04" e 39° 35' 58" de longitude oeste. A bacia do rio Terra Nova limita-se ao norte com o estado do Ceará, ao sul com os grupos de bacias de pequenos rios interiores 4 e 5 - GI4 (UP23) e GI5 (UP24) e o rio São Francisco, a leste com a bacia do rio Pajeú (UP9) e a oeste com a bacia do rio Brígida (UP11), conforme dados da Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC, (2023).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Analisar e avaliar as áreas irrigadas sob a influência da transposição do rio São Francisco, bem como o uso e cobertura do solo.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão teórica sobre as metodologias e formas de Análise do Uso, Ocupação e Cobertura da Terra com sensoriamento remoto;
- Elaborar um mapeamento através das imagens coletadas por sensoriamento remoto;
- Análise comparativa do sensoriamento remoto com o mapeamento de drone;
- Desenvolver um mapeamento e caracterização espacial e temporal de áreas irrigadas do Projeto de Integração do Rio São Francisco.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi estruturada a partir de uma revisão bibliográfica, com um foco particular na busca por conceitos e métodos aplicados em áreas irrigadas, uso e cobertura da terra e pesquisas que foram efetuadas de forma semelhante na área de transposição do Rio São Francisco. A busca por análises que agregassem o sensoriamento remoto e o geoprocessamento é de suma importância, visto que o GIS - sistema de informação geográfica, foi a ferramenta primordial para a coleta, tratamento, processamento e análise de dados espaciais.

A pesquisa foi quantitativa, visando a obtenção de dados estatísticos e percentuais sobre o caráter das áreas irrigadas da transposição do Rio São Francisco. Então, foram realizadas, a priori, a obtenção de dados espaciais a partir de imagens do Satélite (CBERS 04A), obtidas no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que trouxe um significativo avanço no Brasil para o monitoramento de recursos hídricos, áreas agrícolas e ocupação do solo. O satélite é equipado com câmeras para observações ópticas de todo o globo terrestre e a partir da utilização das câmeras imageadoras de caráter Multiespectrais e Pancromática de Ampla Varredura (WPM), é possível obter imagens com resolução multiespectral de 8 m e resolução pancromática de 2 m.

O CBERS 04A é uma excelente ferramenta para a coleta de dados e também o monitoramento ambiental, visto que possui uma considerável qualidade na resolução espacial, quando comparados a outros satélites de função semelhante e também possui uma largura da faixa imageada de 92 km, o que permite trabalhar grandes áreas com poucas imagens sendo processadas. O satélite possui três câmaras principais, sendo elas MUX, WFI e WPM, a última foi a escolhida para os estudos ambientais em áreas irrigadas nesse estudo, devido a sua maior qualidade de imagem, em comparação às demais. A revisitação do CBERS 04A utilizando a câmera WPM é de 31 dias, então, a cada 31 dias, uma imagem óptica da área de estudo é obtida, apesar de que, nem todas estão próprias para uma análise, podendo ter grande interferência de nuvens atrapalhando a visualização e a análise do solo.

Buscando uma melhor definição de área com vegetação e com solo exposto foi realizado o Processamento de Raster, sendo o primeiro uma composição de bandas RGB. O Satélite CBERS-4A possui cinco bandas conforme a Tabela 1, sendo elas a banda P, que é a pancromática, com maior qualidade de resolução espacial, depois tem as bandas B1, B2 e B3, que correspondem ao RGB (Red - Vermelho; Green - Verde; Blue - Azul), sendo necessárias para observar as imagens de satélite no espectro do visível. Por fim, também conta com a

banda B4, que é o NIR (espectroscopia de infravermelho próximo) é uma forma de análise altamente flexível, que pode ser utilizada em uma ampla gama de aplicações de pesquisa, como, por exemplo, auxiliar na medição da luz dispersa de uma amostra e, por meio dela, os espectros de refletância NIR podem ser usados para determinar, rapidamente, as propriedades de um material, sem alterar a amostra, sendo importante no estudo do uso e cobertura da terra por sensoriamento remoto.

Na composição RGB será utilizado as bandas espectrais B1, B2, B3 e também o NIR, para auxiliar no processo de reflectância, no final do processo de composição das bandas a partir de ferramentas GIS - sistema de informação geográfica, será desenvolvido um raster multiespectral devido a presença de mais de uma camada espectral. Posteriormente, após obtenção do raster multiespectral de coloração no espectro do visível (RGB), o mesmo será processado em uma fusão com a banda P (pancromática) a partir do processo de “raster Pansharpened”, que em resumo, conforme Esri (2023) é uma combinação de um conjunto de dados raster pancromático de alta resolução com um conjunto de dados raster multibanda de baixa resolução para criar um conjunto de dados raster multibanda de alta resolução para análise visual. A imagem utilizada foi do sensor WPM do satélite CBERS-4A de data 23-08-2020 (órbita e ponto 198-124).

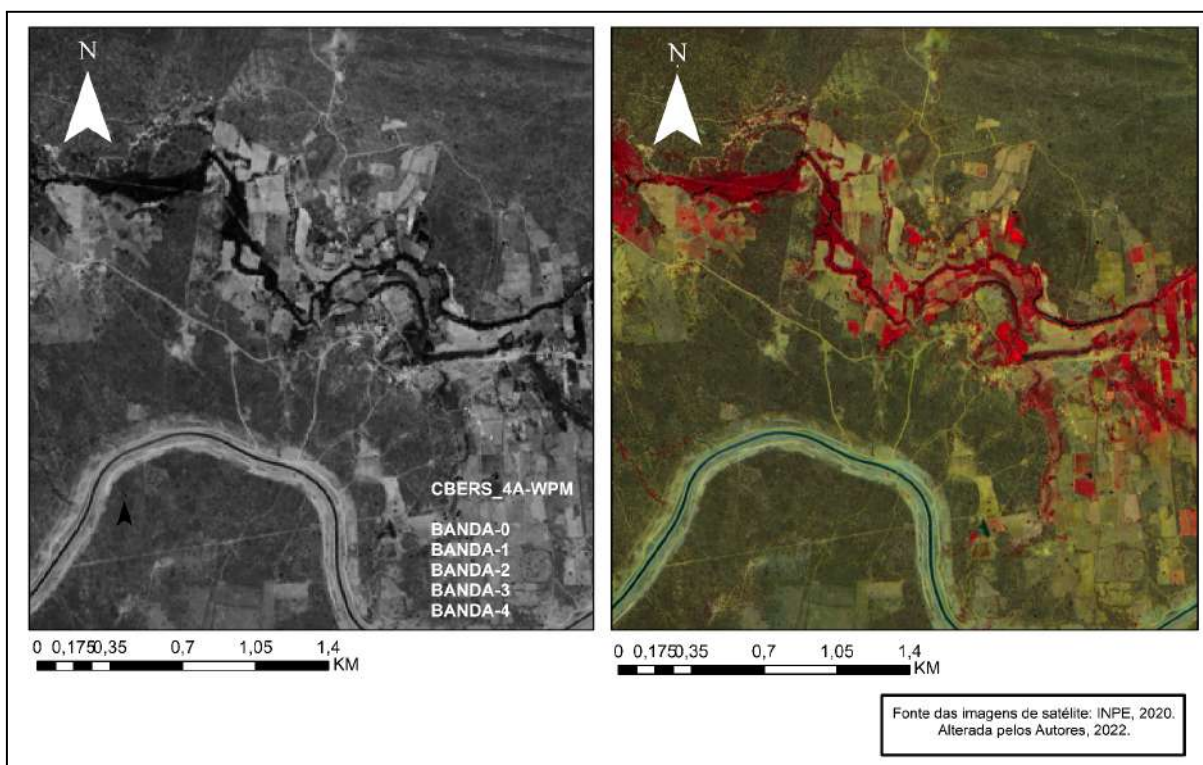
Tabela 1 - Características da Câmera Imageadora CBERS 04A, Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM).

CBERS 04A (WPM)			
Bandas Espectrais	Largura da Faixa Imageada	Resolução Espacial	Revisita
P : 0,45 - 0,90 μm (PAN)	92 km	2 m (pancromática)	31 dias
B1: 0,45 - 0,52 μm (B)		8 m (multiespectral)	
B2: 0,52 - 0,59 μm (G)			
B3: 0,63 - 0,69 μm (R)			
B4: 0,77 - 0,89 μm (NIR)			

Fonte: INPE/CBERS, (2019)

A fusão contribui na identificação e quantificação das áreas irrigadas, a partir da técnica de imageamento de Falsa Cor, para uma melhor interpretação e compreensão analítica da imagem. A Figura 1 mostra as áreas de plantio irrigadas em regiões limítrofes ao canal da transposição (cor avermelhada), as massas de água (cor azulada), vegetação da caatinga e sequeiros (cor de tons esverdeados) e solo exposto (coloração de tons próximos ao amarelo). A falsa cor, de espectros fora do visível, auxiliam na produção de mapas cadastrais e facilitam na localização das áreas de plantio, as quais tem o vermelho como uma cor evidente.

Figura 1. Bandamento - Imagens de Satélite Pancromáticas e Fusão de imagens.



Fonte: Autor, 2022.

A partir do processamento das imagens de satélite, foi possível obter imagens pancromáticas com resolução espacial de 2 m, que contribuíram para a delimitação das áreas irrigadas da transposição do rio São Francisco. Sendo assim, foi realizado através das imagens de satélites uma criação de polígonos referentes ao uso e cobertura do solo de forma manual para áreas que posteriormente seriam sobrevoadas com drone para validação. Sendo assim, na análise de uso e cobertura realizada de forma manual, foi colocado os seguintes critérios para conceituar os territórios demarcados, conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Nomenclatura e características dos polígonos desenvolvidos nas imagens de Drone.

Nomenclatura dos Critérios	Característica
Área de Plantio Cultivado	Espaços territoriais onde tenha presença de áreas de característica de plantio e agricultura que estejam sendo cultivadas.
Área de Plantio Não Cultivado	Espaços territoriais onde tenha presença de áreas de característica de plantio e agricultura que não estejam sendo cultivadas.
Vegetação Nativa da Região	Espaços territoriais onde tenha presença de áreas remanescentes de vegetação nativa.
Propriedades Residenciais	Espaços territoriais onde tenha presença de áreas com imóveis.
Curso de Água/Corpo de Água	Espaços territoriais onde tenha presença de áreas com corpos de águas ou cursos de água.
Pastagem	Espaços territoriais onde tenha presença de áreas com vegetação utilizada para a alimentação do gado
Áreas Gerais	Espaços territoriais onde tenha presença de áreas sem propriedades ou vegetações (Ruas, estradas, etc)

Fonte: Autor, 2023.

Após ter criado cobertura da terra manualmente em polígonos, foi utilizada a plataforma Google Earth Engine, para gerar raster (GeoTiff) de Uso e Cobertura do Solo, com 30 metros de resolução, a partir de dados do MapBiomas Brasil. Então, conforme o MapBiomas (2023), a partir dos mosaicos Landsat são realizadas as classificações que resultam nos mapas de cobertura e uso da terra para cada ano. Dentro da lógica proposta pelo MapBiomas, os mapas serão atualizados cada vez que houver um aperfeiçoamento nos algoritmos de classificação.

A metodologia de classificação é dinâmica e processual, com a finalidade de aperfeiçoar a classificação de cada tipologia. Então, com os Dados do MapBiomas, foi possível observar a mudança territorial característica do município de Terra Nova comparando os anos de 2007, ano que começou a transposição com 2021 que é a última data disponível de dados do órgão e também foi possível observar as mudanças espaço temporais das áreas irrigadas de enfoque e também fazer uma validação de contraponto entre o uso e cobertura manual com o do Mapbiomas.

O embasamento metodológico sobre uso e ocupação foi possível conforme estudos de Mutlu Ozdogan (2010), Carlos Luiz (2019), Elizabeth Ferreira (2022) e Carnáuba (2021), que compartilham desafios do sensoriamento remoto na agricultura irrigada e as oportunidades de cadastramento das terras. Em sequência, buscou-se compreender instrumentos e métodos para aplicar os procedimentos de sensoriamento a partir de autores como Meneses (2012), Inacio (2022) e Carnáuba (2021).

Foi utilizado também, imagens aéreas do satélite LANDSAT-8, obtidas no banco de dados do United States Geological Survey (USGS), o qual possui imagens com resolução multiespectral de 30 m e resolução pancromática de 15 m. Apesar de uma resolução de menor acurácia nos estudos ambientais, o satélite LANDSAT-8 tem uma vantagem no menor período de revisita ao local de estudo de 15 dias, enquanto o CBERS 04A possui um período de revisita de 31 dias.

As imagens do LANDSAT-8 foram colocadas diante das imagens do CBERS 04A para avaliar qual seria mais vantajosa para atender o objetivo do estudo, visto que o LANDSAT têm um menor tempo de revista e o CBERS tem uma melhor resolução espectral. A única vantagem obtida pelo satélite é averiguar as mudanças sazonais em um menor custo de tempo, sendo assim, apenas foi utilizada para acompanhamento, em macro escala, da região, mas para o acompanhamento em micro escala e também em escala de detalhe não foi possível utilizar o LANDSAT, mas sim o CBERS-4A e as imagens de drone, respectivamente.

Em sequência sistemática, foi realizado um tratamento de dados fotogramétricos, a partir de imagens de drone, com uma resolução de 3 a 5 cm. A fotogrametria conforme a American Society of Photogrammetry, (1966), é uma ciência e tecnologia de obter informações de confiança sobre objetos e do meio ambiente, com o uso de processos de registro, medições e interpretações das imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética registrados.

As imagens de drone são obtidas e tratam das áreas de detalhe, onde podemos observar o território com maior precisão e que servem como forma de validação das áreas irrigadas de estudo. A acurácia da imagem de drone auxilia na análise do uso e cobertura do solo, identifica e estima, com maior precisão, a condição das áreas irrigadas.

Através das imagens de drone foi possível classificar a cobertura do solo e mensurar com uma maior acurácia em relação às imagens de satélite. Por fim, foi desenvolvido um mapeamento e caracterização de áreas irrigadas do Projeto de Integração do Rio São Francisco e a análise da utilização das imagens de satélite e também de imagens de drone no estudo de ambiental de perímetros irrigados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TRAJETÓRIA DA TRANSPosição DO RIO SÃO FRANCISCO E A ESPACIALIDADE DA TRANSPosição NO TERRITÓRIO DE ESTUDO CARACTERIZANDO AS ÁREAS IRRIGADAS NA BACIA DE TERRA NOVA - PE.

4.1.1 Trajetória da Transposição do Rio São Francisco

A transposição do Rio São Francisco é um projeto brasileiro de infraestrutura hídrica que busca redirecionar as águas do Rio São Francisco para abastecer regiões áridas do Nordeste. Com origens que remontam a estudos no século XIX, o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) ganhou força em 2007. Ele consiste em dois eixos principais, o Norte e o Leste, cada um abastecendo estados nordestinos diferentes. No entanto, a trajetória da transposição tem sido marcada por desafios, incluindo questões ambientais, atrasos na construção e controvérsias, enquanto continua sendo um esforço para mitigar a escassez de água na região Nordeste do Brasil.

A transposição do Rio São Francisco é um dos projetos de infraestrutura hídrica de grande significância no Brasil e tem um roteiro que abrange várias décadas. Este estudo apresenta uma visão geral da trajetória da transposição do Rio São Francisco, conforme informações organizadas pelo IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, com supervisão de Castro (2010).

Ademais, existem informações sobre a transposição do rio São Francisco no Projeto de pesquisa chamado “A transposição do rio São Francisco: uma análise histórica e socioambiental, organizado pela escola legislativa de Minas Gerais”.

4.1.1.1 Antecedentes Históricos

A ideia de desviar as águas do Rio São Francisco para o abastecimento de regiões áridas do Nordeste brasileiro é remanescente ao século XIX, com discussões e estudos sendo realizados ao longo dos anos. Antes da transposição, o rio também recebeu grandes obras que tiveram os desafios e controvérsias socioambientais como por exemplo a primeira usina hidrelétrica instalada na região do nordeste que foi instalada no vale do São Francisco, trata-se da Usina de Angiquinho, construída em 1912, no meio de um paredão de granito, ao lado da cachoeira de Paulo Afonso, em uma área que, hoje, integra o município alagoano de Delmiro Gouveia.

Em 1949 iniciou-se a construção da usina de Paulo Afonso I, que entrou em operação em 1955, com 180 mil quilowatts produzidos. A usina Paulo Afonso II foi iniciada a construção em 1963 e Paulo Afonso III entre 1969, O conjunto das três usinas passou a constituir o maior complexo energético do país, responsável, durante 30 anos, pela quase totalidade do fornecimento de energia elétrica para a região Nordeste a região ainda conta com a Usina de Paulo Afonso IV que juntas produzem um total de 4 milhões e 280 mil quilowatts de energia. Ademais, posteriormente foram construídas as usinas de Sobradinho, em 1973, de Luiz Gonzaga, em 1979, e de Xingó, em 1987.

4.1.1.2 Estudos Iniciais

Nas décadas de 1950 e 1960, foram realizados os primeiros estudos técnicos para avaliar a previsão do projeto de transposição. Vários planos foram elaborados, mas nenhum deles foi implementado naquela época. Conforme citados no Boletim Regional, urbano e ambiental do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, o plano de transposição envolve a construção de dois canais distintos: o Eixo Norte, que objetiva fornecer água para as regiões áridas de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, e o Eixo Leste, destinado a beneficiar partes do sertão e regiões agrestes de Pernambuco e Paraíba (Castro,2009).

O Eixo Norte, que começa com a captação de água no Rio São Francisco próximo à cidade de Cabrobó, em Pernambuco, terá um percurso de aproximadamente 400 km, distribuindo água para os rios Salgado e Jaguaribe, no Ceará, Apodi, no Rio Grande do Norte, e Piranhas-Açu, na Paraíba e Rio Grande do Norte. Com uma capacidade máxima projetada de 99 m³/s, o Eixo Norte funcionará com um fluxo constante de 16,4 m³/s, destinado ao abastecimento humano.

O Eixo Leste, por sua vez, realizará sua captura no lago da barragem de Itaparica, no município de Floresta, Pernambuco, e percorrerá uma extensão de 220 km até o Rio Paraíba, na Paraíba. Durante seu trajeto, parte da vazão será distribuída nas bacias do Pajeú, do Moxotó e da região do agreste de Pernambuco. Para atender às demandas da região agreste de Pernambuco, o projeto inclui a construção de um ramal de 70 km, que ligará o Eixo Leste à bacia do Rio Ipojuca. O Eixo Leste, com uma capacidade máxima prevista de 28 m³/s, operará com um fluxo contínuo de 10 m³/s, disponibilizado para uso humano.

4.1.1.3 Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF)

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) ganhou impulso significativo em 2007, quando o governo federal lançou o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). O principal objetivo da transposição é suprir as necessidades de água da população que habita a região, proporcionando-lhes acesso a uma parte das águas do Rio São Francisco. Essas demandas incluem o abastecimento de áreas urbanas nos municípios beneficiados, zonas industriais, áreas de supervisão e usos diversos ao longo dos canais e rios alimentados por açudes existentes que concedem águas do Rio São Francisco.

4.1.1.4 Desenvolvimento, Construção Desafios e Controvérsias

A construção das estruturas do PISF envolve a criação de canais, túneis e estações de bombeamento em uma extensa área geográfica. A Transposição do Rio São Francisco envolveu vários desafios, incluindo questões ambientais, financeiras e técnicas. Houve preocupações com o impacto ambiental nas áreas circundantes e o reassentamento de comunidades locais. O projeto foi entregue em fases, com partes do Eixo Leste entrando em operação em 2017. O Eixo Norte, por outro lado, apresentou atrasos significativos devido a questões técnicas e contratuais.

4.1.2 Espacialidade e Caracterização da Transposição e Bacia de Terra Nova.

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta, basicamente, de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001).

A transposição do rio são francisco atravessa a bacia hidrográfica Terra nova através do eixo norte da transposição que conta com uma estrutura, que segundo os dados do ministério da integração e do desenvolvimento regional (2023), tem 260 quilômetros de canais, oito aquedutos (canais elevados), três estações de bombeamento, três túneis, 15 reservatórios, três subestações de energia e 123 quilômetros de Linhas de transmissão de energia elétrica, conforme podemos observar algumas citadas na Figura 2, onde existem registros autorais de túneis, estações de bombeamento e do canal do eixo leste da transposição.

Figura 2. Estruturas do Projeto de Integração do Rio São Francisco evidenciadas em trabalho de campo.



Fonte: Autor, 2023.

A bacia de terra nova é composta por 9 municípios, sendo eles (Parnamirim, Terra Nova, Cabrobó, Serrita, Cedro, Salgueiro, Verdejante, Belém de São Francisco e Carnaubeira da Penha) conforme a Figura 3, tais quais, perpassam pela influência das mudanças espaciais, paisagísticas e territoriais que ocorreram posteriormente a chegada do PISF na região. A obra tem características perimetrais e transfere água às bacias dos rios Jaguaribe-CE, Piranhas Açu-RN e Apodi-PB, passando por municípios de Pernambuco como Cabrobó, Salgueiro, Verdejante, Terra Nova e Parnamirim.

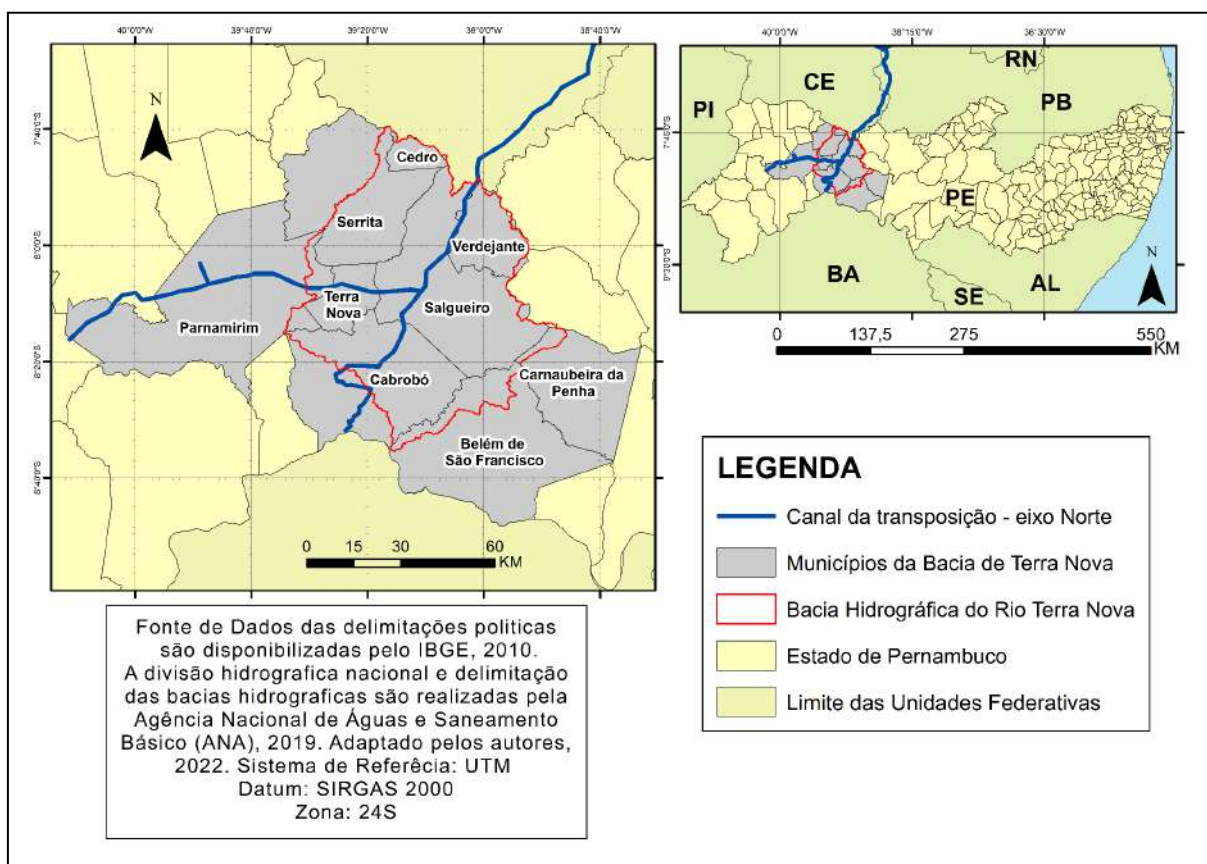
A população da região envolvendo os nove municípios é em torno de 188.632 mil pessoas conforme do dado do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022) e da Tabela 2, sendo Salgueiro o município mais populoso com 62.372 mil habitantes e Terra Nova como o município menos populoso, cerca de 8.920 habitantes.

Tabela 2. Quantitativo populacional dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Terra Nova.

Cidade	População
Terra Nova	8.920 pessoas
Salgueiro	62.372 pessoas
Cabrobó	30.294 pessoas
Parnamirim	18.612 pessoas
Serrita	18.207 pessoas
Cedro	10.518 pessoas
Verdejante	9.169 pessoas
Belém de São Francisco	18.301 pessoas
Carnaubeira da Penha	12.239 pessoas

Fonte: IBGE, 2022.

Figura 3. Mapa de Localização da Bacia do rio Terra Nova e dos Municípios que a Bacia perpassa.



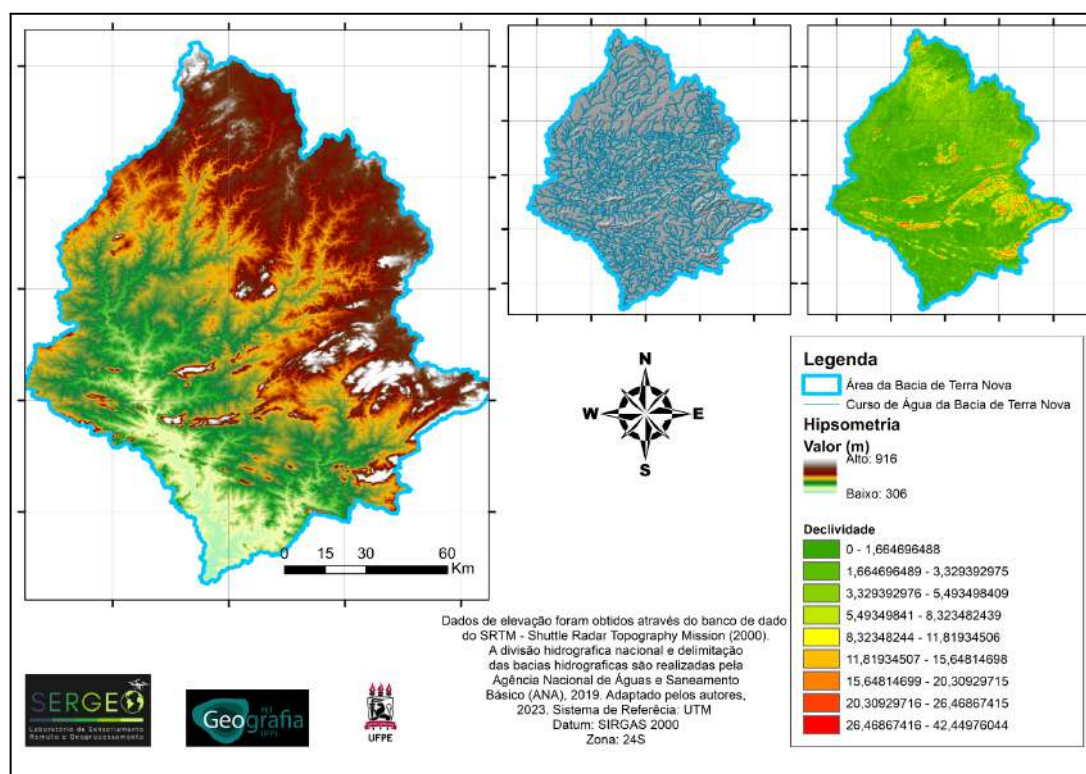
Fonte: Mapa desenvolvido e adaptado pelo Autor, 2023.
 Dados retirados a partir do banco de dados da ANA(2018) e IBGE (2010).

O território é composto pelo bioma Caatinga, que representa a paisagem típica do semi-árido nordestino, que conforme o Serviço Geológico do Brasil (2005), a região é caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas, elevações residuais, cristas e/ou outeiros pontuam a linha do horizonte.

Essas elevações de relevos testemunhos são evidência dos intensos processos de desgaste que afetaram vastas áreas do interior nordestino. Conforme a figura 4, podemos observar as características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Terra Nova, como Declividade do relevo, Hipsometria e padrão de drenagem. Sendo assim, observa-se que a hipsometria da região varia de 916 m de altitude até 306 m, com as áreas mais elevadas em geral fixadas no norte e as mais baixas no sul, o que influenciam na caracterização do fluxo de drenagem, que seguem esse padrão altimétrico da região.

Pelo caráter integrador, Guerra e Cunha (1996) citaram que as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pois, nessa ótica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. Sendo assim, jamais poderia não ser sistematizada a relação drenagem de hipsometria, sendo ambas modeladores da paisagem geomorfológica.

Figura 4. Mapa de Hipsometria, Fluxo de Água e Declividade da Bacia Hidrográfica do rio Terra Nova.



Fonte: Dados de elevação obtidos através do banco de dados SRTM (2000), adaptados pelo autor (2023).

A declividade na região conforme a figura 4, é de baixo coeficiente na maior parte do território, contando apenas com regiões do leste e sudeste com ocorrências de Serras e relevos residuais que tem um aclave acima de 15 graus. Quanto ao clima, ele se caracteriza por chuvas regularmente estabelecidas, principalmente durante o período de verão. O período chuvoso começa em novembro e se estende até abril, com uma precipitação média anual de aproximadamente 431,8 mm no município.

Segundo Padilha; Zanghetin; Ortega (2004), o regime de chuvas dessa região é caracterizado por longos períodos de estiagem, com secas prolongadas. De acordo com a ANA (2002), a BHRTN apresenta volume razoável de água no período chuvoso da região. Por vezes a problemática não é estritamente por falta de períodos chuvosos, mas sim, de como podem reter e armazenar a água na região devido às características climáticas e geológicas, que aceleram o processo de evaporação e que também não permitem a infiltração respectivamente.

Sabe-se, que a região semiárida brasileira apresenta historicamente uma condição limitada na disponibilidade de recursos hídricos, devido a alguns fatores como relevo, condição pluviométrica irregular e mal distribuída, etc. Segundo a Embrapa (2022), o estado de Pernambuco tem 70% do seu território localizado no semiárido, precisamente no chamado polígono da seca. Estas contrariedades climáticas podem ser ponderadas como a maior preocupação da população residente no semiárido nordestino (Araújo Segundo Neto, 2014). Diante disso, é necessário uma presença administrativa na gestão das águas nas bacias hidrográficas para o desenvolvimento sustentável dessa região (Montenegro et al., 2013).

Em conformidade, cada estado tem um uso da água pré determinado em metros quadrados, sendo assim a utilização deve ser controlada e com finalidades adequadas a demanda local. Para tanto, a utilização de tecnologias como sensoriamento remoto e imagens de drone auxiliam e aceleram o processo para uma melhor gestão dos recursos hídricos no Projeto de Integração do Rio São Francisco.

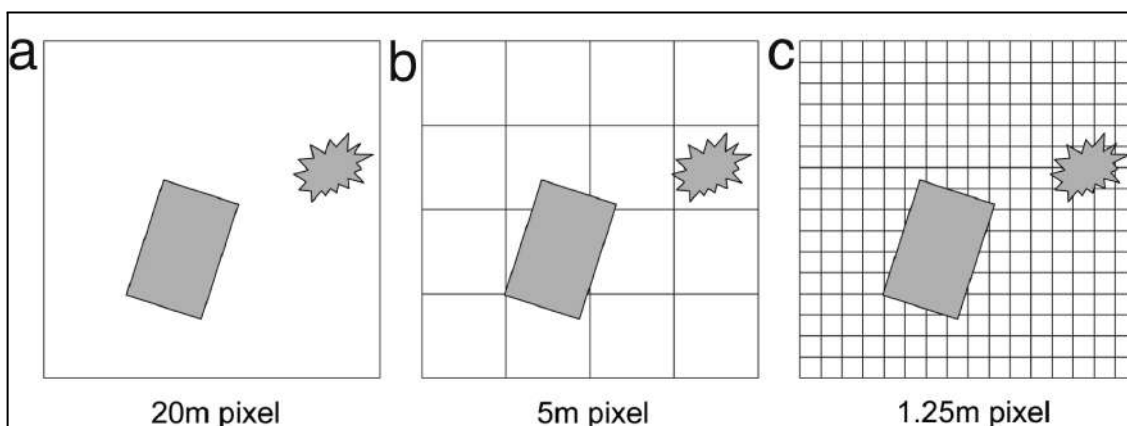
4.2 ACURÁCIA DA ANÁLISE DE USO E COBERTURA DA TERRA COM IMAGENS DE SATÉLITE E DRONE

4.2.1 Aspectos, Amostragem e Contrapontos do uso e cobertura da utilização das imagens de drone e Satélite em estudos de áreas irrigadas e plantio

A precisão da análise de uso e cobertura da terra com imagens de satélite e drone depende de vários fatores, incluindo a qualidade das imagens, a resolução espacial e temporal, o método de classificação utilizado e a precisão do processo de coleta e processamento de dados.

Conforme Blaschke (2010), As imagens de detecção remota precisam ser convertidas em informações tangíveis que possam ser utilizadas em conjunto com outros conjuntos de dados, muitas vezes dentro de Sistemas de Informação Geográfica (GIS) amplamente utilizados. Sendo assim, é necessário compreender a característica do objeto estudado para saber quais mecanismos (GIS) serão utilizados. Para tanto, foi esquematizada a relação do tamanho do pixel, para compreender o desempenho que a qualidade que a imagem vai proporcionar, conforme a Figura 5.

Figura 5. Análise de imagens baseada em objetos para sensoriamento remoto.



Fonte: Blaschke (2010).

Então, segundo Blaschke (2010), a Figura 5 representa a relação entre os objetos em consideração e a resolução espacial: (a) baixa resolução: pixels significativamente maiores que os objetos, são necessárias técnicas de subpixel. (b) resolução média: os tamanhos dos pixels e dos objetos são da mesma ordem, as técnicas pixel por pixel são apropriadas. (c) alta

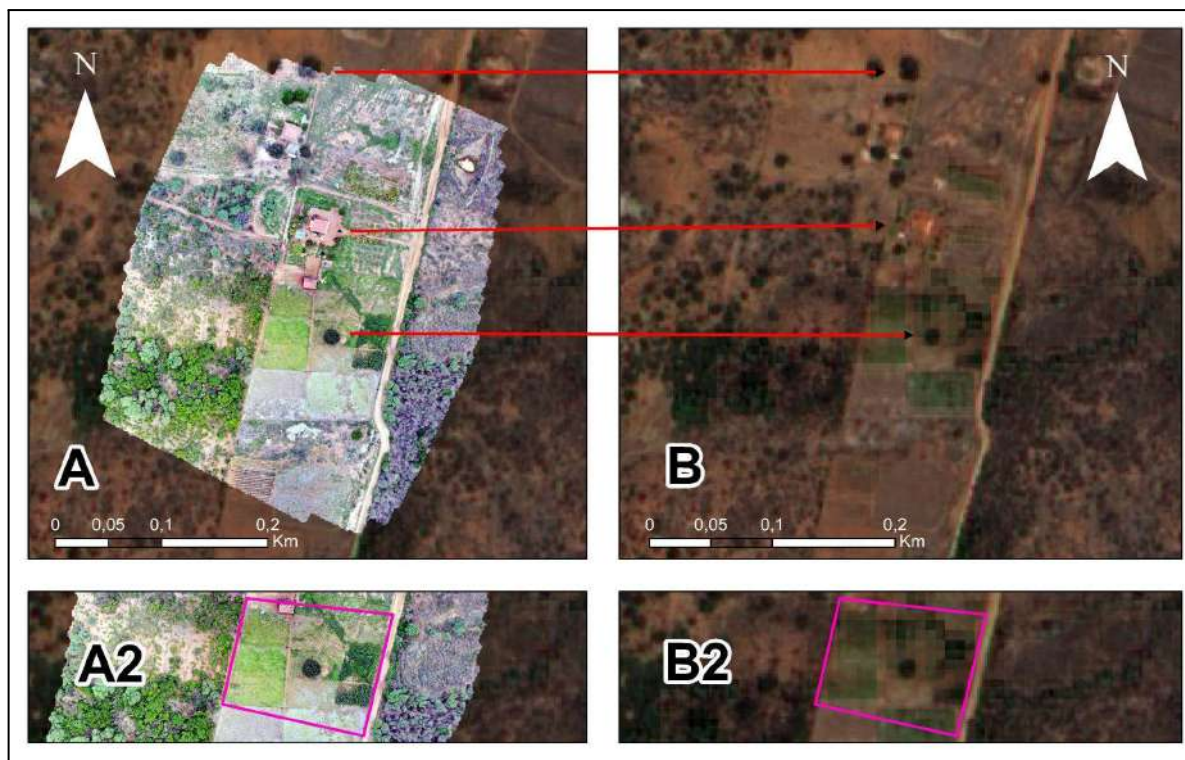
resolução: os pixels são significativamente menores que o objeto, é necessária a regionalização dos pixels em grupos de pixels e, finalmente, em objetos.

A compreensão espacial da resolução das imagens é importante para saber quais técnicas são mais eficazes para estudo em percepção de detalhe. No estudo ambiental em perímetros irrigados da transposição do rio São Francisco, foi utilizado a mesma metodologia aplicada por Blaschke (2010). Sendo assim, após observar os satélites LANDSAT-8 e CBERS-4A, foi observado que no LANDSAT-8 os pixels eram de maior espaçamento, o que não era interessante para estudos em área de detalhe, o CBERS-4A dava uma melhor amplitude para o desenvolvimento e demarcação das áreas irrigadas no processo de criação de polígonos.

As imagens geradas pelo sensoriamento remoto atualmente disponíveis contém informações que vão muito além da capacidade natural de percepção e extração dos seres humanos, conforme Zanotta; Fereira; Zortea, (2019). Sendo assim, é fundamental a utilização de técnicas de processamento de dados para explorar o potencial de informações contidas nas imagens adquiridas, que tornam mais factíveis a identificação e monitoramento de materiais e fenômenos na terra.

No estudo, foi utilizado duas técnicas de processamento de imagem, sendo elas comparadas e averiguadas quais possuíam maior acurácia para trabalhar com análises da utilização e cobertura do solo. Sendo assim, é possível observar na Figura 6, a sobreposição da imagem de Drone sobre a de satélite com localização específica entre as coordenadas geográficas de Latitude: 8°15'31.70"S; Longitude: 39°23'11.18"O, na bacia hidrográfica do rio Terra Nova.

Figura 6. Amostragem da utilização de imagens de drone e satélite para utilização em diagnósticos de uso e cobertura do solo.



Fonte: Banco de Dados do Laboratório SERGEO (2022), adaptado pelo Autor, 2023.

É possível observar através das setas de cor vermelhas que ambas então georreferenciadas de forma fidedigna e também confirmar que a imagem de drone ter uma qualidade de imagem bem superior, sendo possível relacionar áreas de plantio que existem em ambas em mesma localização.

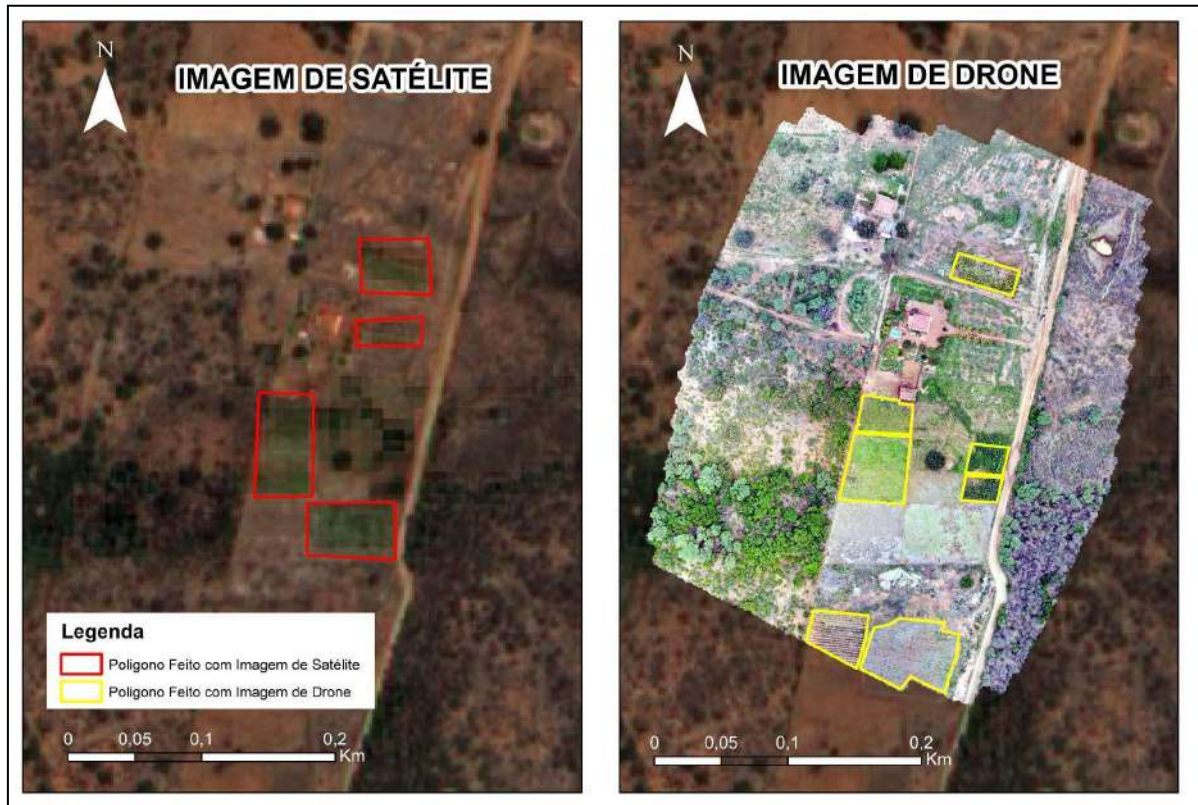
Sendo assim, é possível, inicialmente, observar as áreas irrigadas e as plantações em escalas de análise de longo e médio alcance, mas se for partir para uma escala de detalhe, a imagem de drone terá uma melhor desempenho, visto que um trabalha em escala de centímetros (drone) e o outro trabalha em escala de metros (satélite).

A utilização de imagens de satélites de média e alta resolução em estudos ambientais através do sensoriamento remoto, têm sido amplamente aplicadas para identificação e mensuração de áreas irrigadas Ferreira (2022). Conforme Ozdogan (2010), nas últimas décadas, a detecção remota emergiu como uma ferramenta eficaz para monitorizar terras irrigadas numa variedade de condições climáticas e locais.

Na figura 7, foi realizado uma demarcação por polígonos das áreas de plantio utilizando os dois formatos de imagem acima discutidos, e sendo assim, para a efetivação de polígonos para demarcação das áreas irrigadas notou se que a percepção das áreas de plantio

na imagem de satélite é feita através dos pixels que formam em geral áreas retangulares de uma só coloração, normalmente sendo mais esverdeada que diverge das áreas limítrofes de plantação nativa e de solo exposto.

Figura 7. Amostragem da utilização de imagens de drone e satélite para criação de polígonos identificadores.



Fonte: Banco de Dados do Laboratório SERGEO (2022), adaptado pelo Autor, 2023.

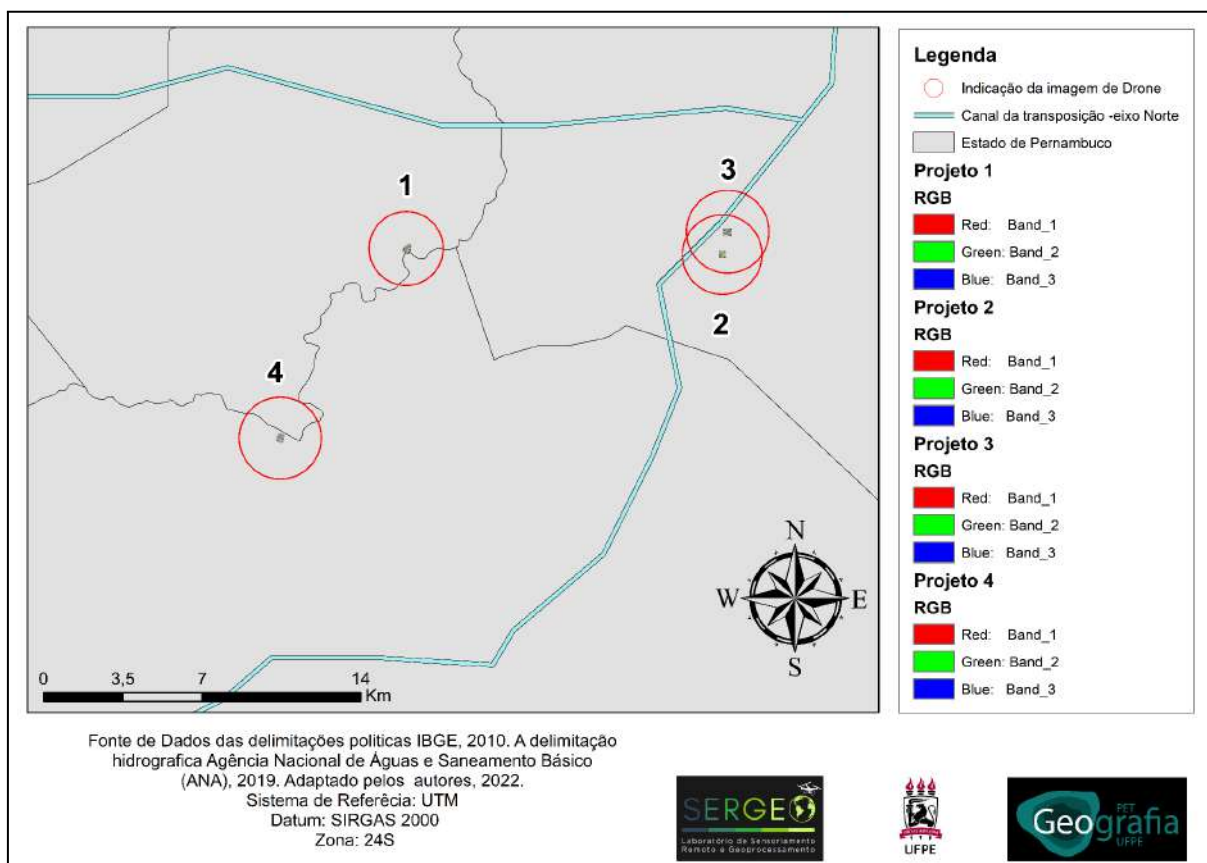
A demarcação das áreas de plantio nas imagens de drone, tem uma melhor centralidade na construção dos polígonos onde é possível distinguir de maneira mais clara onde é área plantada, onde foi área plantada e está sendo preparada para um próximo plantio e onde não é área plantada podendo ser solo exposto, pastagem, área residencial ou localidades de vegetação nativa hiperxerófila.

4.2.2 Utilização da Imagem da imagem de drone para criação de polígonos nas áreas de detalhe e caracterização da região em detrimento ao canal da transposição

Nesta etapa do estudo, foram desenvolvidos quatro processamento imagens capturadas por drones para realizar uma análise detalhada da região das áreas irrigadas, com ênfase especial na caracterização da região e da geolocalização em relação aos canais da

transposição. Algumas áreas de detalhe estão mais próximas do canal e outras um pouco mais distantes, conforme a figura 8, o que pode influenciar na dinâmica espacial e no uso e ocupação do solo.

Figura 8. Mapa da amplitude e demonstração da localização das áreas irrigadas de detalhe.



Fonte: Autor, 2023.

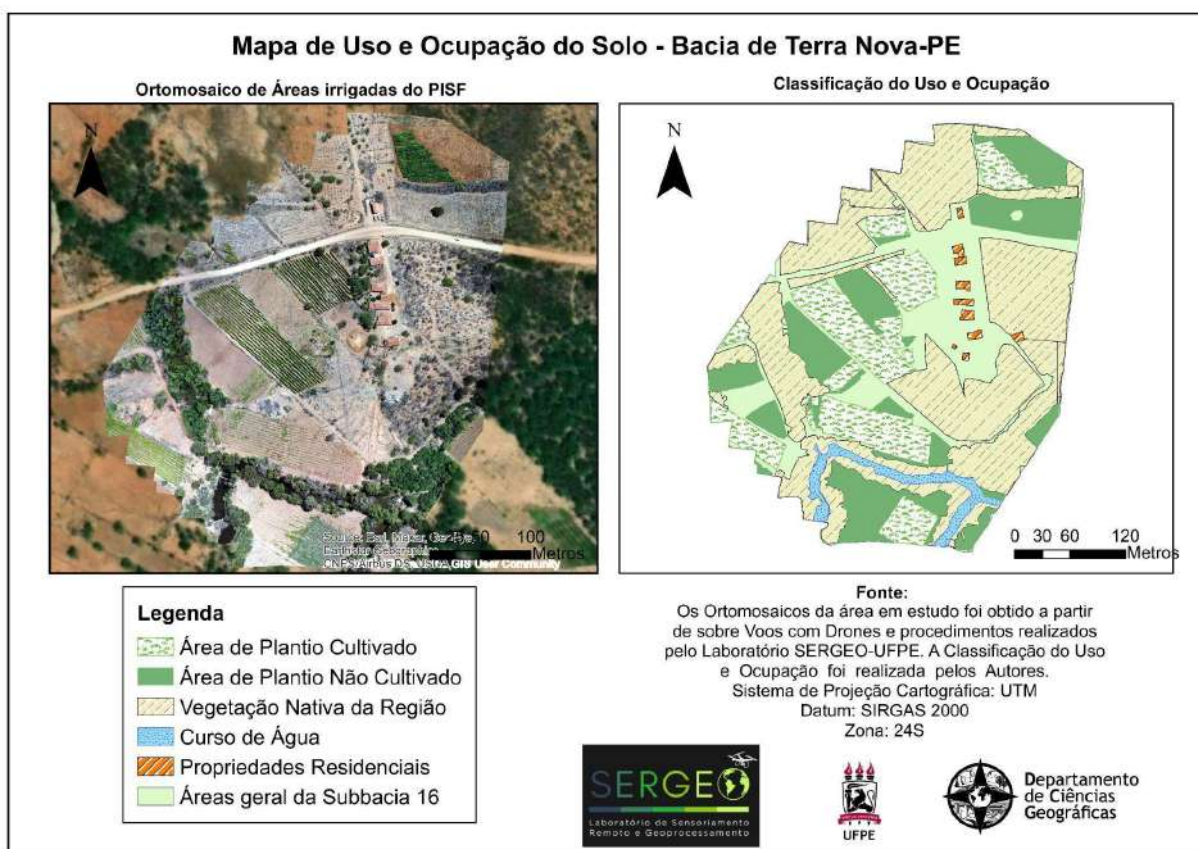
Observa-se na figura 8, que o projeto 3 e 2 estão bem próximos do canal de transposição, enquanto os projetos 1 e 4 estão a uma média e longa distâncias, respectivamente. Então, as características dos projetos 3 e do projeto 2 serão mais semelhantes, quando comparadas às outras, devido a proximidade de ambas ao canal de transposição.

Posto isso, foram confeccionados mapas de uso e cobertura do solo das quatro áreas de detalhes, utilizando as imagens de satélite e drone, ambas com georreferenciamento bem alinhado para aumentar a acurácia do estudo. Ademais, também foram averiguadas as características das do uso do solo e do plantio a decorrer da distância que estão do canal da transposição. Sendo assim, será observado as características do uso da terra em decorrência da extensão entre os canais do PISF, para observar se pode gerar uma grande influência

sistemática no processo Segundo Carver (1995), as imagens ou condições específicas devem ser detectadas preliminarmente, identificadas e finalmente julgadas para então , ser avaliada sua significância.

A acurácia da imagem de drone, permite no estudo do uso e cobertura do solo, identificar e estimar com maior precisão a situação das áreas irrigadas, sendo assim, foi realizado uma classificação do território, utilizando seis subdivisões, sendo elas, área de plantio cultivado, área de plantio não cultivado, vegetação nativa da região, Pastagem, Massa de água e propriedades residenciais, conforme pode-se observar no Figura 9.

Figura 9. Mapa de Uso e Cobertura do Solo na sub-bacia 16 da Bacia Hidrografia do Rio Terra Nova, projeto 1.



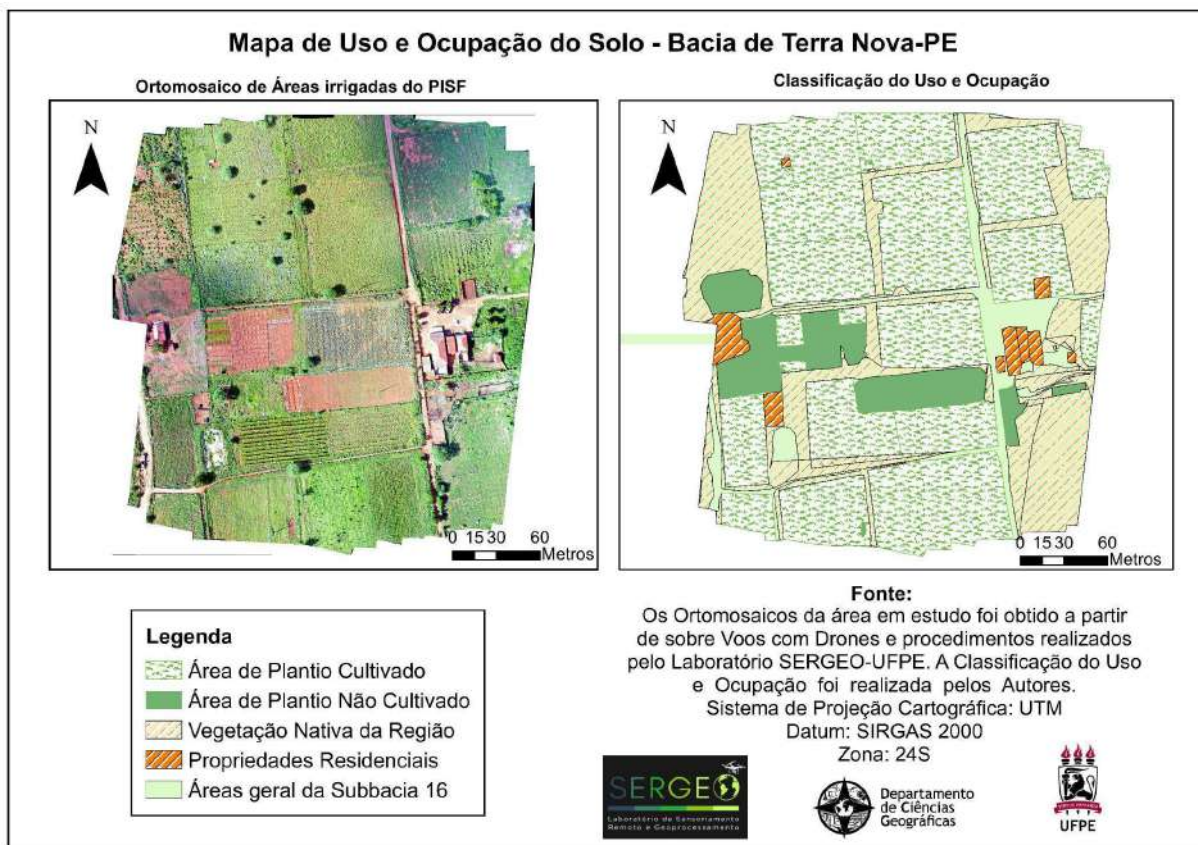
Fonte: Laboratório SERGEO e Autor, 2022

A Figura 9 apresenta o projeto 1, que está a cerca de 5.396 m de distância do canal da transposição e foi constatado que, em geral, se repete a presença de áreas agrícolas de plantio cultivado com média de 0,14 ha e um total de 2,21 ha de áreas que apresentaram plantio e cultivo.

Na figura 10, a qual foi submetida aos mesmo processos de classificação da Figura 9 e que está a 303 m do canal da transposição, constatou que em geral se repete a presença de

áreas agrícolas de plantio cultivado com média de 0,18 hectares e um total de 4,31 hectares de áreas que apresentam plantio e cultivo.

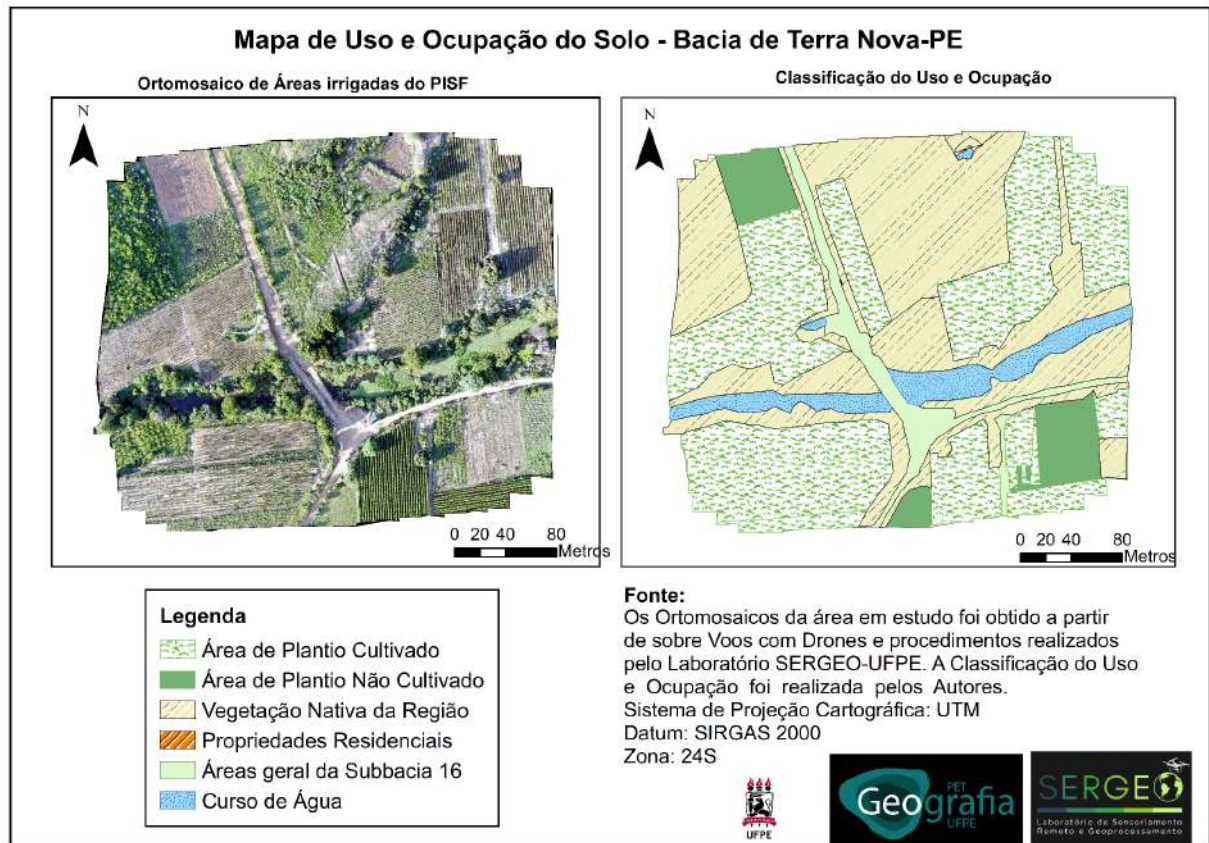
Figura 10. Mapa de Uso e Cobertura do Solo na sub-bacia 16 da Bacia hidrográfica do Rio Terra Nova, projeto 2



Fonte: Laboratório SERGEO e Autor, 2022

A Figura 11 tem características espaciais semelhantes à Figura 10, tal qual estão de forma isonômica em proximidades ao canal. Sendo assim, a Figura 11, que consta o projeto 3, está a cerca de 215 metros de distância do canal da transposição e foi constatado que em geral se repete a presença de áreas agrícolas de plantio cultivado com média de 0,23 hectares e um total de 5,06 hectares de áreas de plantio. Mesmo estando em proximidades, a figura c ainda conta com a passagem de um riacho derivado das águas da transposição, o que a torna um local ainda mais apropriado para o plantio e uma área de excelente condição de irrigação, podendo abranger diversos tipos de uso e plantação

Figura 11. Mapa de Uso e Cobertura do Solo na sub-bacia 16 da Bacia hidrográfica do Rio Terra Nova, projeto 3

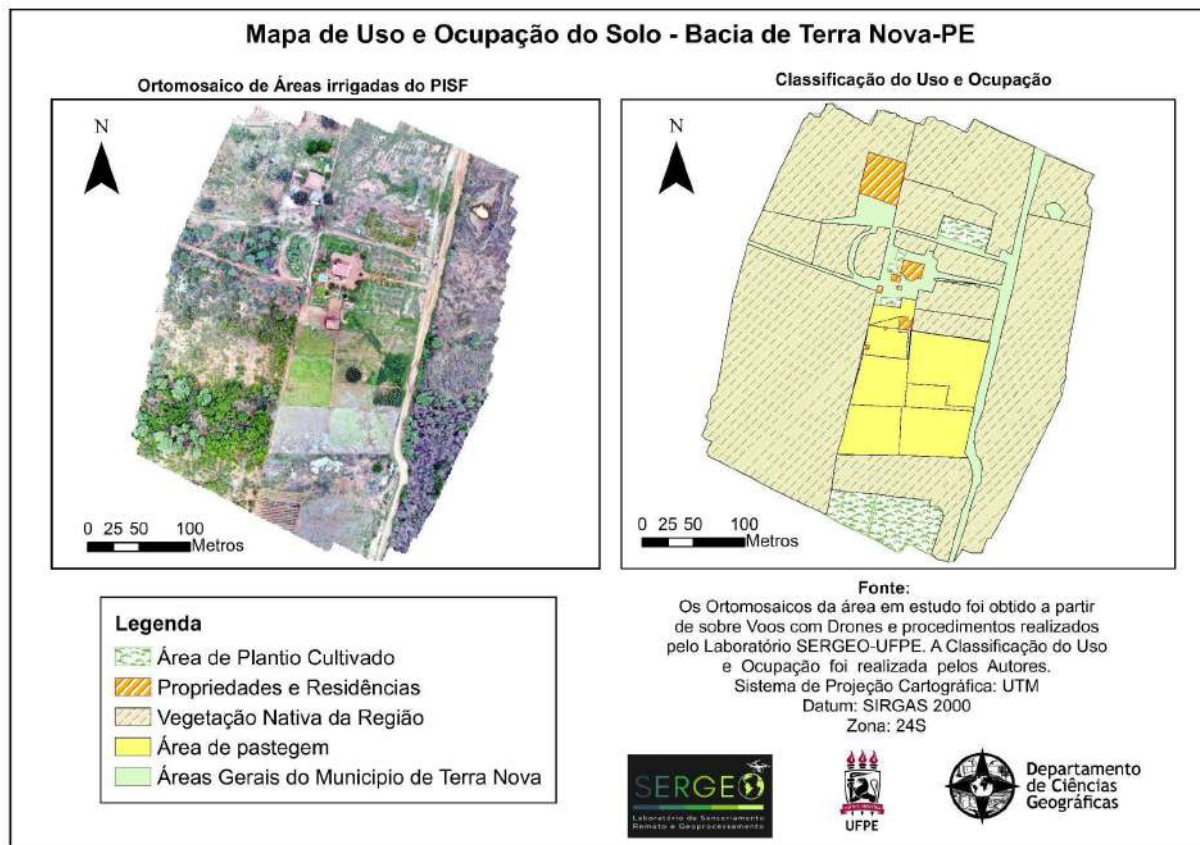


Fonte: Laboratório SERGEO e Autor, 2022

A figura 12 representa o projeto 4, sendo ele a quarta e última imagem de drone que foi tratada e analisada sua cobertura e uso da terra conforme os parâmetros executados nos projetos anteriores. Foi constatado que, a localidade do projeto 4 e a mais longe de um canal da transposição, com uma distância de exatamente 9.476 metros, sendo 75,61% (4.080 m) mais distante do canal do que o projeto 1 que já tem uma distância considerável grande e com uma diferença de mais de 9.173 metros do projeto 2 que está a poucos metros do canal da transposição.

Sendo assim as características físicas, da paisagem e da utilização do solo serão diferentes em ambos os territórios com uma maior discrepância entre os projetos da figura 12 e figura 11 que estão em situações antônimas.

Figura 12. Mapa de Uso e Cobertura do Solo na sub-bacia 16 da Bacia hidrográfica do Rio Terra Nova, projeto 4



Fonte: Laboratório SERGEO e Autor, 2022

Sendo assim as características físicas, da paisagem e da utilização do solo serão diferentes em ambos os territórios com uma maior discrepância entre os projetos da Figura 12 e Figura 11 que estão em situações antônimas. Então, observado a Tabela 3, nota se que o aumento dos hectares de áreas irrigadas é diretamente proporcional à proximidade dos canais.

Tabela 3. Distância e área de plantio dos quatro projetos.

Parâmetros	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4
Distância	5.396 m	303 m	215 m	9.476 m
Média de áreas de Plantio	0,14 hectares	0,18 hectares	0,23 hectares	0,72 hectares
Total da área de Plantio	2,21 hectares	4,31 hectares	5,06 hectares	0,09 hectares

Fonte: Autor, 2023.

Vale ressaltar que, devido a proximidade de um pouco mais de 300m do canal da transposição, o projeto 2 (figura 10), apresenta uma característica paisagística mais verde e com propensão a maior variabilidade de plantio e agricultura, tal qual o projeto 3 (figura 11), o projeto 4 (figura 12), apresenta menos espaços com plantio e mais territórios com vegetação nativa da região, já que, devido o baixo índice de água fica difícil a prospecção de grande variabilidade na agricultura e o território majoritariamente é utilizado para a pastagem e criação de animais (pecuária), sendo a vegetação nativa da região, a alimentação básica e por isso está em maior quantidade de uso e cobertura do solo.

4.3 ANÁLISE DA MODIFICAÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DO TERRITÓRIO DA BACIA DE TERRA NOVA COM A CHEGADA DA TRANSPOSIÇÃO A PARTIR DO SENSORIAMENTO REMOTO

A análise espaço temporal é de suma importância para compreender a sistemática envolvendo a cobertura do solo da região com o passar dos anos. Como ressalta DE OLIVEIRA (2010), o sensoriamento remoto permite o monitoramento espaço-temporal dos recursos naturais em diversas partes do mundo de maneira eficiente e sistemática, vindo a apresentar grande auxílio nas áreas de agricultura. Sobre este ponto de vista, é possível acompanhar as transformações na paisagem transformadas pelo homem e as respectivas respostas da natureza (Almeida, 2007).

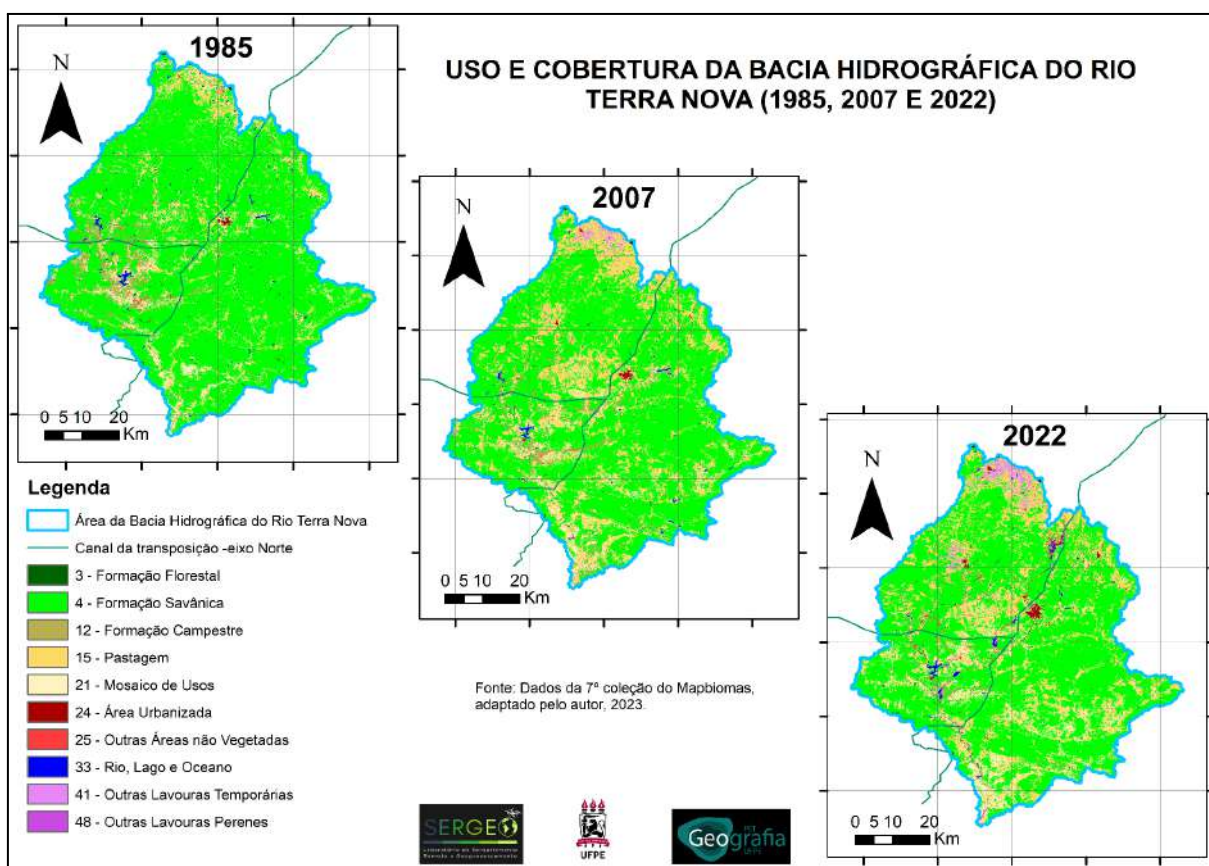
O MapBiomas é uma iniciativa brasileira que visa monitorar e disponibilizar informações planejadas sobre o uso e cobertura da terra no Brasil por meio de tecnologias de sensoriamento remoto e análise de dados geoespaciais.

Conforme a Figura 13, foi detalhado, a partir da utilização de dados da plataforma Mapbiomas pela 8ª Coleção que tem dados entre os anos de (1985-2022), a variabilidade espacial do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Terra Nova, envolvendo os anos de 1985, 2007 e 2022. Os anos foram escolhidos seguindo os parâmetros de ter o dado mais antigo sobre a região (1985), o ano em que iniciou os processos da transposição (2007) e o ano mais recente com informações disponibilizadas na plataforma (2002). A análise espaço temporal permite verificar as mudanças no decorrer do tempo e espaço.

A característica da bacia hidrográfica do rio Terra Nova antes da chegada da transposição do rio São Francisco por volta da década de 1980, tinha uma feição de uso e ocupação conforme a figura 13, de maior ocorrência em Formação Savânica, caracterizada pela floresta caatinga hiperxerófila e com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo - Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada MapBiomas (2023). Seguido da Formação Campestre, que também relacionasse ao bioma caatinga mais que tem características de localização espacial e fisiografia da vegetação diferentes, segundo Mapbiomas (2023), a caracterização da vegetação caatinga da formação campestre é de predomínio de espécies herbáceas (Savana-Estépica Parque, Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa) + (Áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água, vegetação predominantemente herbácea e arbustiva).

Sendo assim, pode-se observar que as áreas de vegetação campestre estão bem próximas dos canais, lagoas, açudes e barragens, como a barragem Terra Nova. Os Mosaicos de Uso agrícolas, têm uma amostragem considerável, mas bem abaixo das formações Campestre e Savânicas que contém vegetações naturais da região.

Figura 13. Mapa espaço temporal de Uso e Cobertura envolvendo o recorte dos anos de 1985, 2007 e 2022.



Fonte: Dados da 7ª coleção do Mapbiomas, adaptado pelo autor, 2023.

No ano de 2007, caracterizado pelo espaço temporal de início das obras da transposição, o aumento demasiado da pastagem, principalmente na área central e norte da bacia e uma grande redução da formação campestre e Savânica que começou a dar espaço para a pastagem e também para o Mosaico de Usos agrícolas, com a pastagem em grande percentual dessas terras apropriadas. A aparição em grande quantitativo de Lavouras Temporárias no norte da Bacia, mais precisamente nos municípios de Cedro, Serrita e Salgueiro, traz à tona o início da configuração territorial agrária que o território tornaria a conceder. As Lavouras Temporária são caracterizadas conforme o Mapbiomas (2023) como

"Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir".

No marco temporal de 2022, ano mais atualizado que é possível obter dados do Mapbiomas e 15 anos após o início da construção da transposição, é possível observar uma mudança estrutural e paisagística da região. Na figura 13 é possível observar que o crescimento das Lavouras Temporárias foi ainda mais preponderante, agora não mais apenas localizado no norte da área, mas também na região central e Oeste, mais precisamente nos municípios de Serrita, Terra Nova e Salgueiro.

Nas regiões limítrofes a canais, açudes e barragens, tiveram a aparição circunstancial das Lavouras Perenes, outrora não fixadas no território, mas com a segurança hídrica que a transposição impõe, foram implementadas. As Lavouras Perenes são caracterizadas como "Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de ciclo vegetativo longo (mais de um ano), que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio".

As massas de água tiveram um aumento circunstancial, principalmente pela presença de locais com retenção de água como açudes, barragens, lagoas e pelo próprio canal da transposição. As áreas urbanas tiveram um crescimento, já que com a presença de água aumenta a probabilidade e por vezes, garante a realização total do plantio, colheita e criação de animais, que é a base econômica da região. As áreas urbanizadas que outrora eram mais evidenciadas no município de Salgueiro, agora estão espalhados em toda territorialidade da região e com criação de novos centros habitacionais como alguns situados nos municípios de Cedro, Terra Nova, Cabrobó, Serrita e Verdejante conforme a figura 13.

A pastagem por sua vez, sofreu uma redução na sua configuração territorial, na amostragem do ano de 1985 para o ano de 2007, a pastagem teve um crescimento abrupto, porém, no ano de 2022 os Mosaicos de Usos agrícolas apropriam muitas regiões que outrora eram ocupadas pela pastagem e também cresceu sobre a formação campestre. Sendo assim, Nota-se que as áreas agrícolas, com o decorrer da fixação da água e dos canais de transposição, tiveram uma presença mais marcante e um maior uso e ocupação das áreas da bacia hidrográfica do rio Terra Nova.

5. CONCLUSÃO

A utilização de imagens de satélite e drones oferece vantagens substanciais nos estudos ambientais voltados para a gestão de recursos hídricos em perímetros irrigados. Essas tecnologias proporcionam uma visão abrangente e detalhada do ambiente, permitindo uma análise eficiente das condições do solo e da vegetação.

O CBERS 04A se mostrou como uma excelente ferramenta para coleta de dados e monitoramento ambiental, visto que, possui uma considerável qualidade na resolução espacial, quando comparados a outros satélites de função semelhante, sendo assim, a partir da sua visualização óptica é possível trabalhar em grande qualidade em escalas medianas, como municípios ou bairros.

Entretanto, para análise em escala de detalhe, as imagens do CBERS 04A servem como apoio e direcionamento de estudo, devido sua grande largura da faixa imaginada de 92km, podendo observar uma vasta área do território com apenas uma imagem. Já a imagem de drone é fundamental para trabalhar em escala de detalhe, devido sua alta qualidade, mas se torna inviável para trabalhar em escalas medianas como municípios ou bairros devido à baixa faixa imageadora, com cerca de 500 m² em média de áreas observadas por cada imagem.

A construção dos mapas de uso do solo pelas imagens de drone, denotaram a uma conclusão que a depender de onde se situa a área de estudo, ocorrerá interferência no modo de usar e ocupar o solo, variando de quanto está próximo ou distante dos canais de transposição que são diretamente ligados ao acesso de água básico.

Tal qual foi dialogado e reafirmado positivamente, com os dados de uso e cobertura da Terra do Mapbiomas, a partir da análise sistemática do fator "introdução dos canais de transposição do rio São Francisco", que desencadeou efeitos territoriais e paisagísticos sistematizados avaliados nas mudanças espaço temporais. Para tanto, foi-se identificado a partir dos dados de uso e cobertura da terra Mapbiomas (2023), que antes do PISF, nas imagens de 1985 e 2007, que ocorria uma diminuição e grande perda de vegetação nativa da região (savânica e campestre), para a pastagem.

Entretanto após a construção e funcionamento dos canais de transposição, o enfoque territorial modificou em grande percentual para o crescimento e desenvolvimento de lavouras de plantio temporárias, lavouras de plantio perenes e também para os mosaicos de uso agrícola que cresceram demasiadamente, com a chegada da água e de áreas de irrigação com disponibilidade hídrica anual, ocupando ainda mais o território das vegetações nativas e

também diminuindo as áreas de pastagem, que em períodos antes da transposição, tinha um domínio na economia local e também quantitativamente no uso e cobertura do solo.

Em suma, sabe-se que a região Nordeste brasileira, em particular o Semiárido, enfrenta historicamente desafios significativos relacionados à seca, e a construção do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) trouxe esperanças renovadas para a região que enfrenta sérios desafios em termos de segurança hídrica.

O estudo desempenha um papel crucial na compreensão da dinâmica das áreas irrigadas pelo PISF na bacia hidrográfica do rio Terra Nova, Pernambuco. Ao utilizar tecnologias avançadas de sensoriamento remoto e drones, que contribuem para demonstrar a possibilidade de uma administração mais eficiente na gestão recursos hídricos, o que, por sua vez, pode impulsionar o desenvolvimento regional e a melhoria da qualidade de vida da população no Semiárido nordestino, representando um passo importante na busca por soluções sustentáveis para os desafios hídricos da região.

6. REFERÊNCIAS

- Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC. **Bacia Hidrográfica do Rio Terra Nova**, 2023. Disponível em: <<https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-rio-terra-nova/172-bacias-hidrograficas-rio-terra-nova/207-bacia-do-rio-terra-nova>>. Acesso em: 15 de mar. 2023
- ALMEIDA, AQ de. Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Corrego do Galo, Domingos Martins, ES. ES. **Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental)** Espírito Santo–Brasil Julho–2007 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental–Centro Tecnológico-Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2007.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS / INSTITUTO MANOEL NOVAES PARA O DESENVOLVIMENTO DO SÃO FRANCISCO – IMAN. **Relatório programa de mobilização para formação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Coordenação Estadual de Pernambuco, 2002.
- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Bacias Hidrográficas – Rio Terra Nova**. 2023. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=22>. Acesso em: 23 de abr. de 2023.
- ARAÚJO SEGUNDO NETO, F. V. de. **Análise Espacial das obras do Projeto de Integração do rio São Francisco (Eixo Leste) no estado da Paraíba**. 2014. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/661/1/FVASN06082014.pdf>>
- BLASCHKE, Thomas. Análise de imagens baseada em objetos para sensoriamento remoto. **Revista ISPRS de fotogrametria e sensoriamento remoto** , v. 1, pág. 2-16, 2010.
- CARVER, A. J. **Manual de fotografias aéreas para planejadores de uso da terra**. Secretaria de Recursos Naturais/Ministério da Agricultura, Brasília, p. 77, 1995.
- CASTRO, César Nunes de. **Transposição do Rio São Francisco**. 2009.
- CASTRO, César Nunes de. **Transposição do Rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto**. 2010.
- DE OLIVEIRA, Tiago Henrique et al. **Índice de umidade (NDWI) e análise espaço-temporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 3, n. 2, p. 55-69, 2010
- EMBRAPA- SEMIÁRIDO. **Clima e água de chuva no Semi-Árido**, v 2-. 2007 Disponível <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/159649/clima-e-agua-de-chuva-no-semi-aridoem>: acessado em 15/05/2022
- Environmental Systems Research Institute - ESRI, 2023. **Criar conjunto de dados raster Pansharpened (gerenciamento de dados)** <<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/data-management/create-pansharpened-raster-dataset.htm>> Acesso em: 15 de abr. 2023

FERREIRA, Elizabeth; TOLEDO, Joice H. de; DANTAS, Antonio A. A. and PEREIRA, Rafael M.. **Cadastral maps of irrigated areas by center pivots in the State of Minas Gerais, using CBERS-2B/CCD satellite imaging**. Eng. Agric. [online]. 2011, vol.31, n.4 [cited 2022-05-15], pp.771-780. Available from: <http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162011000400015&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0100-6916. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400015>.

IBGE. **Unidades de relevo - Atlas Nacional do Brasil**, 2010 . Disponível em:<http://geoftp.ibge.gov.br/atlas/nacional/atlas_nacional_do_brasil_2010/2_territorio_e_meio_ambiente/atlas_nacional_do_brasil_2010_pagina_73_unidades_de_relevo.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Brasil/Pernambuco/Panorama**, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama>>. Acesso em: 11 de abr. 2023

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. **Boletim Regional, urbano e ambiental**, 2009.

Köppen, W.; Geiger, R. 1928. **Klimate Der Erde**. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. N.P. Ometto, J.C. 1981. Bioclimatologia Vegetal. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda.

Mapbiomas. **Mapas de Uso e Cobertura da Terra, Transições e Qualidade do Mosaico**, 2023. Disponível em:<<https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>> Acesso em: 10 de mar. 2023.

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Projeto de Integração do Rio São Francisco - a água chegando até você**, 2023.

Ministério do Desenvolvimento Regional ,2022. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11452/1/td_2793_web.pdf>. Acesso em: 28 de mar. 2023

Ministério do Desenvolvimento Regional. **2º Boletim de Monitoramento – Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília: MDR, 2022c. Disponível em: <<https://bit.ly/3rNboTj>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MONTENEGRO, A. A. A.; ABRANTES, J. R. C. B.; LIMA, J. L. M. P.; SINGH, V. P.; SANTOS, T. E. M. **Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall**. Catena,Amsterdam,v. 109, n. 1, p. 139-149, 2013.

NA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS / INSTITUTO MANOEL NOVAES PARA O DESENVOLVIMENTO DO SÃO FRANCISCO – IMAN. **Relatório programa de mobilização para formação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Coordenação Estadual de Pernambuco, 2002.

OZDOGAN, Mutlu et al. **Remote sensing of irrigated agriculture: Opportunities and challenges**. Remote sensing, v. 2, n. 9, p. 2274-2304, 2010.

PADILHA, J. A.; ZANGHETIN, M. F. L.; ORTEGA, E. O uso da água nas micro-bacias hidrográficas do semi-árido do nordeste brasileiro e o conceito base zero. In: **Proceedings of IV Biennial International Workshop “Advances in Energy Studies”**. Unicamp, Campinas, SP, Brazil, p. 65-72, 2004.

PADILHA, José Artur; ZANGHETIN, M. F. L.; ORTEGA, Enrique. O uso da água nas micro-bacias hidrográficas do semi-árido do nordeste brasileiro e o conceito base zero. In: **Proceedings of IV Biennial International Workshop “Advances in Energy Studies”**. Unicamp, Campinas, SP, Brazil. 2004. p. 65-72.

SUASSUNA, João. Potencialidades hídricas do Nordeste brasileiro. **Parcerias Estratégicas**, v. 20, n. 1, p. 131-156, 2005.

ZANOTTA, Daniel Capella; FERREIRA, Matheus Pinheiro; ZORTEA, Maciel. **Processamento de imagens de satélite**. Oficina de Textos, 2019.