



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA



MARIA VITÓRIA E SILVA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO – ESO  
Experiências na Gestão de Recursos Hídricos na Agência Pernambucana de Águas e  
Clima (APAC)

RECIFE – PE

2023

MARIA VITÓRIA E SILVA

Experiências na Gestão de Recursos Hídricos na Agência Pernambucana de Águas e  
Clima (APAC)

Relatório de Estágio Supervisionado - ESO, apresentado ao  
Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Unidade Sede, como parte dos requisitos  
exigidos para conclusão da graduação em Agronomia.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Marcus Metri Correa

Supervisor: Dr. Robertson Valério de Paiva Fontes Júnior

RECIFE – PE

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

INSTRUMENTO DE APRESENTAÇÃO

ESTAGIÁRIO

NOME: Maria Vitória e Silva

CPF: 110.690.214-90

RG: 9942758

ÓRGÃO DE EXPEDIÇÃO/UF: SDS

DATA DE NASCIMENTO: 10/05/1999

ENDEREÇO: Estrada dos pintos, 185

BAIRRO: Sítio dos Pintos

CEP: 52171-050

CIDADE: Recife

ESTADO: Pernambuco

EMAIL: mariavitoria.ufrpe@gmail.com

TELEFONE:(81) 997118874

CONCEDENTE

Agência Pernambucana de Águas e Clima

CNPJ: 02.527.674/0001-74

ENDEREÇO: Av. Cruz Cabugá, 1111

BAIRRO: Santo Amaro

CEP: 50040-000

CIDADE: Recife

ESTADO: Pernambuco

REPRESENTADA POR: Martha Maria Campos Wanderley Campos – NCAP

SUPERVISOR: Robertson Valério de Paiva Fontes Júnior - GEAI

FREQUÊNCIA

INÍCIO E TÉRMINO DO ESTÁGIO: 03/07/2023 à 31/08/2023

TOTAL DE HORAS ESTAGIADAS: 210 horas.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório apresentado como Trabalho de  
Conclusão de Curso

Aprovado em 06/09/2023

Nota: 10,0 (Dez)

BANCA EXAMINADORA

Orientador

---

Dr. Marcus Metri Correa

Professor – UFRPE

Examinador 1

---

Dr. Anildo Monteiro Caldas

Professor – UFRPE

Examinador 2

---

Dr. Ralini Ferreira de Melo

Professora – UFRPE

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ter me dado forças para trilhar esse caminho tão cheio de adversidades que é a graduação, sem o amor incondicional de Deus por mim eu jamais teria conseguido chegar até aqui.

Agradeço a meus pais, Joelma Maria, José Nilton e Maria da Conceição, e meus irmãos, por todo o suporte e auxílio durante esses cinco anos de graduação, vocês são essenciais na minha vida, amo vocês.

Agradeço a APAC por me dar a oportunidade de participar deste estágio. Fui calorosamente acolhida pela equipe e pelos colegas, o que tornou meu tempo aqui incrivelmente produtivo e enriquecedor.

Agradeço ao professor Dr. Marcus Metri, por ter topado me orientar nessa etapa final do curso. Ao meu supervisor, Robertson Fontes, gratidão por ter compartilhado comigo seus conhecimentos durante esse tempo.

Também gostaria de externar minha gratidão a Giselle Almeida por sempre me apoiar durante os momentos de tristeza e estresse, por acreditar no meu potencial e nunca ter me deixado desistir.

Por fim, agradeço a todos os amigos que passaram em minha vida acadêmica, em especial Gabriela Calabria e Victoria Moura, que ficaram comigo até o fim, me incentivando e apoiando durante os momentos de surto, amo vocês e levarei para minha vida.

Este estágio não foi apenas uma oportunidade de aprendizado, mas também uma oportunidade de crescimento pessoal e profissional. Estou verdadeiramente grata por cada momento e por todas as lições que aprendi durante este período.

## Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	8
<b>2. Apresentação da empresa</b> .....	9
<b>3. Cronograma das atividades</b> .....	10
<b>4. Atividades desenvolvidas</b> .....	11
4.1 <i>Revisão Bibliográfica</i> .....	11
5.1.1 <i>Planejamento dos recursos hídricos frente as mudanças climáticas</i> .....	11
5.1.2 <i>Bacias hidrográficas no estudo dos recursos hídricos e gestão de água</i> .....	11
5.1.3 <i>Modelagem hidrológica</i> .....	12
5.1.4 <i>Planos de recursos hídricos (PRH)</i> .....	13
5.1.5 <i>Uso de geoprocessamento para gestão sustentável dos recursos hídricos</i> ...	14
4.2 <i>Treinamento com Meteorologista Fabiano Prestrelo sobre LAS SAF</i> .....	15
4.3 <i>Levantamentos de Índice de Vegetação utilizando NDVI e FVC</i> .....	16
5.3.1 <i>Criação de shapefiles</i> .....	16
5.3.2 <i>Índice de vegetação (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index)</i> .....	17
5.3.3 <i>Fração de Cobertura Vegetal (FVC)</i> .....	18
4.4 <i>Balanço Hídrico de reservatório</i> .....	19
5.5 <i>Levantamento de dados sobre barragens</i> .....	21
5.5.1 <i>Download da base de dados</i> .....	21
5.5.2 <i>Levantamento e análises de barragens</i> .....	21
5.6 <i>Identificação de usuários de água na Bacia do Rio Terra Nova</i> .....	24
5.7 <i>Levantamento de Barragens em curso de rio</i> .....	25
5.7.1 <i>Perfil de elevação</i> .....	25
5.7.2 <i>Reunião de alocação de água do reservatório de Chapéu – Parnamirim</i> ....	28
<b>5. Considerações finais</b> .....	29
<b>Referências</b> .....	30

## **Resumo**

A gestão eficiente dos recursos hídricos é um desafio crucial em um mundo onde a disponibilidade de água é essencial para inúmeras atividades humanas e ecossistemas. Nesse contexto o desenvolvimento de um Plano Hidrológico e a utilização de Modelagem Hidrológica desempenham papéis fundamentais na compreensão, previsão e gestão sustentável dos sistemas hídricos. Dentro dessa temática, a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) possui a missão de implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecendo diretrizes para o manejo e regulação do uso da água em todo o território de Pernambuco. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi vivenciar experiências voltadas a gestão dos recursos hídricos em uma instituição de renome e que desempenha um papel importantíssimo para o estado de Pernambuco. O Estágio Supervisionado Obrigatório na APAC proporcionou uma experiência valiosa e enriquecedora. Durante esse período foi possível conhecer e aprender sobre a gestão dos recursos hídricos. Desempenhar atividades junto a Gerência de Planos e Sistema de Informação dos Recursos Hídricos permitiu aumentar o leque de conhecimentos sobre Sistemas Geográficos de Informações (SIG) e suas aplicações. Nesse ambiente, foi possível aprender como os sistemas de informações são essenciais para monitorar, prever e tomar decisões relacionadas aos recursos hídricos e clima, através do acesso a uma vasta quantidade de informações e experiências teóricas e práticas.

**Palavra-chave:** Gestão eficiente; Recursos Hídricos; Plano Hidrológico; Modelagem Hidrológica; Geoprocessamento.

## **1. Introdução**

A gestão eficiente dos recursos hídricos é um desafio crucial em um mundo onde a disponibilidade de água é essencial para inúmeras atividades humanas e ecossistemas (Lauriance, 2018; Basharat, Suhaib e Sana, 2019; Justin, 2020). Nesse contexto, Chalkias et al. (2016), afirmaram que o desenvolvimento de um Plano Hidrológico e a utilização de Modelagem Hidrológica desempenham papéis fundamentais na compreensão, previsão e gestão sustentável dos sistemas hídricos.

Gage e Milman (2021), abordaram o Plano Hidrológico como sendo um instrumento de planejamento que busca gerenciar os recursos hídricos de uma determinada região, considerando aspectos como a oferta e a demanda de água, a qualidade da água, os usos múltiplos (como abastecimento humano, irrigação, geração de energia, entre outros) e a preservação dos ecossistemas aquáticos. Esse plano fornece diretrizes para a tomada de decisões, visando garantir uma distribuição equitativa e sustentável dos recursos hídricos ao longo do tempo.

Diversos autores, ao trabalhar com modelagem hidrológica, ressaltaram que esta é uma ferramenta essencial para simular e compreender o comportamento dos sistemas hídricos (Andrade et al., 2017; Lins et al., 2021; Silva et al., 2021). Por meio de modelos matemáticos, é possível analisar como a água flui através de uma bacia hidrográfica, como se acumula em lagos e reservatórios, como interage com o solo e a vegetação, e como responde a diferentes condições climáticas e antropogênicas. A modelagem hidrológica permite avaliar cenários hipotéticos, prever enchentes, secas e efeitos de mudanças na gestão dos recursos hídricos, auxiliando na tomada de decisões de influências ambientais (Almeida et al., 2022)

Dessa forma, o objetivo do presente relatório consiste em apresentar, de forma clara e objetiva, a importância dos planos hidrológicos e da modelagem hidrológica na gestão sustentável da água, destacando as principais atividades realizadas na Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC), no setor de Gerência de Planos e Sistema de Informação dos Recursos hídricos (GPSI) voltadas ao gerenciamento eficientes dos recursos hídricos.



## **2. Apresentação da empresa**

Criada em 26 de março de 2010, a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) possui a missão de implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecendo diretrizes para o manejo e regulação do uso da água em todo o território de Pernambuco. Além disso, a agência também tem a responsabilidade de administrar o monitoramento hidrometeorológico dos rios e reservatórios, bem como fornecer previsões do tempo e temperatura em todo o estado, como previsto na Lei Nº 14.028, de 26 de maio de 2010.

A Gerência de Planos e Sistema de Informação dos Recursos Hídricos (GPSI), setor onde foi realizado o estágio, é responsável pelos planos hidroambientais, desenvolvendo planos estratégicos relacionados aos recursos hídricos. Esses planos geralmente incluem estratégias para a gestão sustentável da água, conservação de ecossistemas aquáticos, controle de poluição e mitigação de impactos ambientais relacionados à água. Também é encarregada pela alocação negociada de águas, onde coordena acordos entre várias partes interessadas para distribuir e gerenciar a água disponível. Além disso, esse setor também trabalha com geoprocessamento, cuidando do Sistema de Informação em recursos hídricos do Estado.



## **4. Atividades desenvolvidas**

### *4.1 Revisão Bibliográfica*

#### *5.1.1 Planejamento dos recursos hídricos frente as mudanças climáticas*

O planejamento hídrico desempenha um papel vital na sustentabilidade e resiliência das sociedades em um cenário de mudanças climáticas cada vez mais evidentes (Sant'Anna et al., 2020). Conforme Mekonnen et al. (2021) as mudanças climáticas têm provocado uma série de impactos nos recursos hídricos, incluindo padrões de precipitação alterados, derretimento acelerado de geleiras e aumento do nível do mar. Essas transformações afetam diretamente a disponibilidade e a qualidade da água, exacerbando a escassez em algumas regiões e aumentando o risco de inundações em outras. Para enfrentar esses problemas, o planejamento hídrico deve evoluir para incorporar estratégias flexíveis e adaptativas (Stevens et al., 2021)

Uma abordagem fundamental no planejamento hídrico em resposta às mudanças climáticas é a gestão integrada de recursos hídricos. Isso envolve a consideração de múltiplos usos da água, como abastecimento urbano, agricultura, indústria e ecossistemas, garantindo um equilíbrio sustentável. Além disso, a adoção de técnicas de conservação, reúso e captura de água da chuva desempenha um papel crucial na otimização do uso dos recursos hídricos (Sheikh, 2019)

Outro aspecto essencial é a ênfase na resiliência e na capacidade de adaptação dos sistemas hídricos. Isso requer investimentos em infraestrutura que possam resistir aos impactos climáticos extremos, como tempestades mais intensas e secas prolongadas (Sun, Seo e Kim, 2019). Além da adaptação, a mitigação das mudanças climáticas também desempenha um papel crucial no planejamento hídrico. A proteção de bacias hidrográficas e ecossistemas aquáticos também é fundamental, pois contribui para a conservação da qualidade e quantidade da água (Albuquerque, Montenegro e Silva, 2019).

#### *5.1.2 Bacias hidrográficas no estudo dos recursos hídricos e gestão de água*

Os recursos hídricos e as bacias hidrográficas são essenciais para a gestão e planejamento da água. A estimativa da produção de água e sua distribuição é crucial para

a compreensão dos recursos hídricos. Uma bacia hidrográfica é constituída por uma série de superfícies inclinadas e uma malha de cursos d'água que se unem e desaguam em um único leito na sua saída (Tucci, 2007).

Conforme descrito por Silveira (1993), a bacia hidrográfica desempenha um papel essencial na análise do ciclo hidrológico, especialmente durante processos como infiltração e o escoamento superficial, podendo ser vista como um sistema hidrológico, onde uma variável de entrada, como a quantidade de precipitação, é transformada em uma variável de saída, como a vazão dos corpos hídricos. Essa transformação ocorre por meio de diversos processos hidrológicos, como a evaporação, transpiração, infiltração e escoamento superficial.

Diversos estudos voltados a gestão de bacias hidrográficas têm sido realizados (Albuquerque, Montenegro e Silva, 2019; Viana et al., 2019; Montenegro et al., 2005). A gestão de bacias hidrográficas envolve o planejamento e o uso eficiente dos recursos hídricos para atender às necessidades ambientais, econômicas e sociais. Requer considerar múltiplas alternativas e variáveis complexas que afetam diferentes grupos sociais

### *5.1.3 Modelagem hidrológica*

A modelagem hidrológica emerge como uma ferramenta crucial na compreensão dos processos complexos que governam o ciclo da água e na tomada de decisões informadas para a gestão sustentável dos recursos hídricos (Andrade et al., 2017). A simulação de interações entre precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação, transpiração e fluxos subterrâneos, permite prever comportamentos do sistema hídrico em diferentes cenários. Essa capacidade de antecipar os efeitos de eventos climáticos extremos, mudanças no uso da terra e intervenções humanas é inestimável para a formulação de estratégias de gerenciamento eficazes (Rocha et al., 2023).

No entanto, a modelagem hidrológica também apresenta desafios consideráveis. A complexidade dos sistemas hídricos, a variabilidade espacial e temporal dos processos e a incerteza associada aos dados e parâmetros podem dificultar a obtenção de resultados precisos (Andrade et al., 2017). Portanto, a seleção de modelos adequados, a calibração cuidadosa e a validação rigorosa são etapas essenciais para garantir a confiabilidade dos resultados (Fontes Júnior e Montenegro, 2019). A aplicação da modelagem hidrológica

abrange uma ampla gama de áreas. Na gestão de recursos hídricos, os modelos hidrológicos ajudam a prever a disponibilidade de água para diferentes usos, desde abastecimento público até irrigação agrícola. Além disso, são valiosos para a avaliação de riscos de enchentes, planejamento de barragens e gestão de bacias hidrográficas (Almeida et al., 2022).

As mudanças climáticas intensificam a importância da modelagem hidrológica, já que os padrões de precipitação e a disponibilidade hídrica podem sofrer alterações significativas. A capacidade dos modelos hidrológicos de simular cenários futuros auxilia na adaptação a essas mudanças, permitindo que medidas de mitigação e resiliência sejam implementadas de forma mais eficaz (Farias et al., 2023). A evolução da tecnologia também influenciou a modelagem hidrológica. A integração de sistemas de informação geográfica (SIG), sensoriamento remoto e big data proporcionou um aumento na precisão e na eficiência dos modelos. Além disso, a modelagem hidrológica distribuída, que considera a heterogeneidade espacial da bacia hidrográfica, permite uma análise mais detalhada e realista (Zhang, Ryu e Zheng, 2021).

#### *5.1.4 Planos de recursos hídricos (PRH)*

Os planos de recursos hídricos emergem como instrumentos estratégicos fundamentais na gestão sustentável dos recursos hídricos. Os PRH são documentos direcionadores que delineiam políticas, estratégias e ações para a gestão dos recursos hídricos em uma determinada região ou bacia hidrográfica. Esses planos visam harmonizar o uso da água entre os diversos setores, como abastecimento urbano, agricultura, indústria e meio ambiente, ao mesmo tempo em que consideram aspectos sociais, econômicos e ambientais (Lund, 2021).

Um dos principais pilares dos planos de recursos hídricos é a gestão integrada. Eles promovem a coordenação entre diferentes órgãos governamentais, partes interessadas e comunidades locais para garantir que a água seja alocada de forma eficiente e justa (Maliva e Missimer, 2011). Ao considerar a água como um recurso limitado e interconectado, esses planos buscam evitar conflitos e otimizar o uso dos recursos hídricos.

A equidade também é uma pedra angular dos planos de recursos hídricos. Eles buscam assegurar o acesso igualitário à água, especialmente para as comunidades mais

vulneráveis, e promover a distribuição justa dos benefícios econômicos e sociais associados à água. Isso envolve a identificação de metas e estratégias que garantam o atendimento das necessidades básicas de todos os usuários (Li et al., 2018). A resiliência é outra dimensão crucial abordada nos planos de recursos hídricos. Considerando as incertezas relacionadas às mudanças climáticas e aos eventos climáticos extremos, esses planos incorporam estratégias de adaptação e mitigação para enfrentar possíveis cenários futuros. Isso pode envolver medidas como a conservação de bacias hidrográficas, a criação de infraestruturas de armazenamento e a implementação de práticas de uso eficiente da água (Xu et al., 2021).

Dentro dessa temática, é importante ressaltar o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), no qual desempenha um papel crucial na orientação e coordenação das ações voltadas para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos em um nível nacional, além de promover a participação pública e a conscientização sobre a importância da água. A consulta e envolvimento das partes interessadas garantem que as decisões tomadas sejam representativas das necessidades e valores da comunidade, promovendo a aceitação e implementação eficaz das estratégias delineadas (Brasill,1997)

#### *5.1.5 Uso de geoprocessamento para gestão sustentável dos recursos hídricos*

A crescente pressão sobre os recursos hídricos devido ao aumento da população, à urbanização e às mudanças climáticas torna a gestão eficaz da água uma necessidade urgente. Nesse contexto, o geoprocessamento emergiu como uma ferramenta indispensável para a gestão sustentável dos recursos hídricos (Srivastava et al., 2021) que envolve a análise de dados geoespaciais e a criação de mapas temáticos, oferecendo uma série de benefícios na gestão dos recursos hídricos.

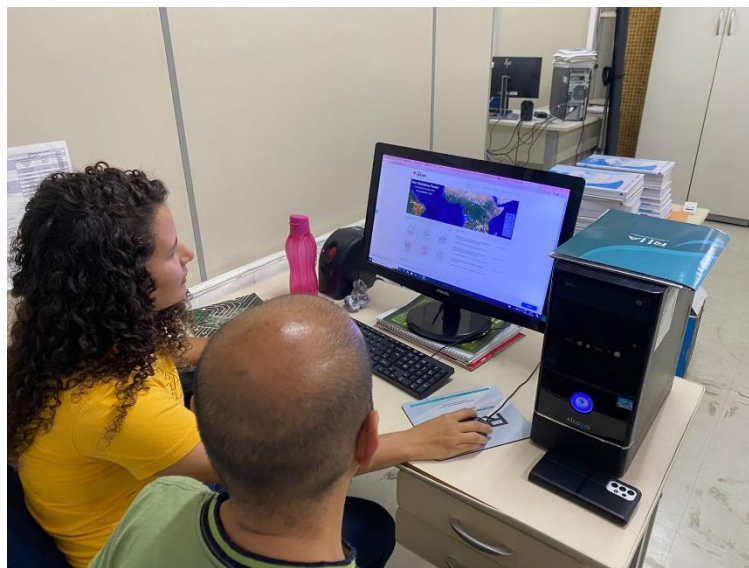
As bacias hidrográficas, delimitadas geograficamente, representam uma unidade lógica de gerenciamento dos recursos hídricos. Utilizando análises geoespaciais, os gestores podem entender melhor os processos dentro das bacias, ajudando na alocação eficaz de recursos, no planejamento do uso da terra e na prevenção eventos de inundação (Pisleaga et al., 2017).

No contexto agrícola, o geoprocessamento também apresenta benefícios pontuais na gestão da água, pois como se sabe, a agricultura é um dos setores que mais consomem água, dessa forma, a utilização de tecnologias geoespaciais são uteis para auxiliar no

levantamento quantitativo dos recursos hídricos, para assim, determinar os níveis de prioridade em termos de disponibilização e uso, pois, além de fornecer uma base sólida para a tomada de decisões baseada em dados, a análise espacial detalhada permite que os gestores de recursos hídricos tomem decisões informadas sobre alocação de água, políticas de conservação e medidas de adaptação às mudanças climáticas (Cengiz, 2016)

#### 4.2 *Treinamento com Meteorologista Fabiano Prestrelo sobre LAS SAF*

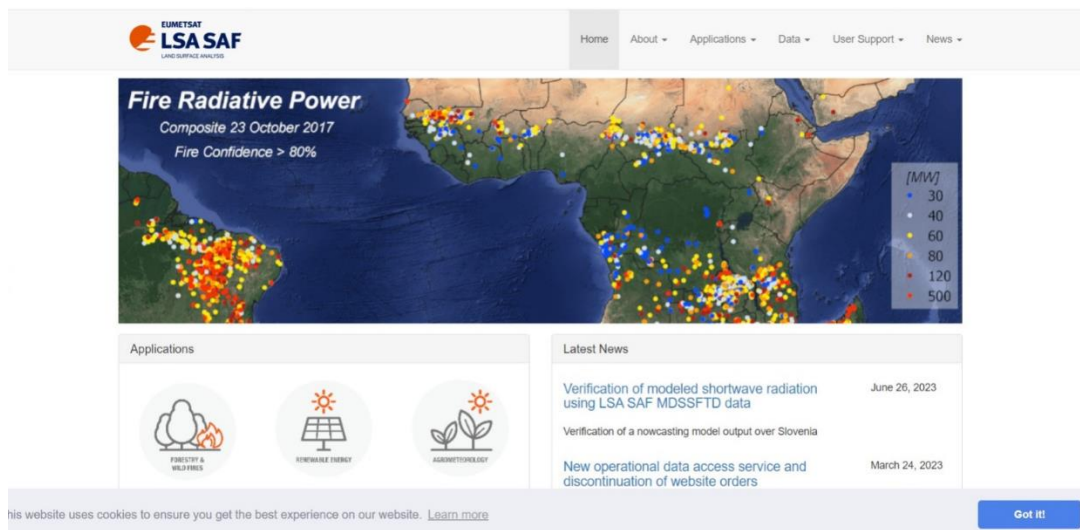
Nesse treinamento, o meteorologista Fabiano Prestrelo apresentou o Satellite Application Facility on Land Surface Analysis (LSA SAF) (Figura 1), que é um programa e centro de pesquisa que se concentra na análise da superfície terrestre usando dados de satélites. Este centro é parte do sistema europeu EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) e tem como objetivo principal fornecer informações sobre a superfície terrestre para melhorar a compreensão dos processos climáticos e ambientais.



**Figura 1.** Treinamento relacionado ao LSA SAF com o meteorologista Fabiano.

Durante esse treinamento foram mostrados alguns dos produtos do LSA SAF (Figura 2) e foi ensinado como baixar os dados de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Fração de Cobertura Vegetal (FVC). Também foi ensinado como

converter o formato do arquivo de HDFS para GeoTiff, como criar o estilo para melhor visualização do FVC e como criar o mapa.



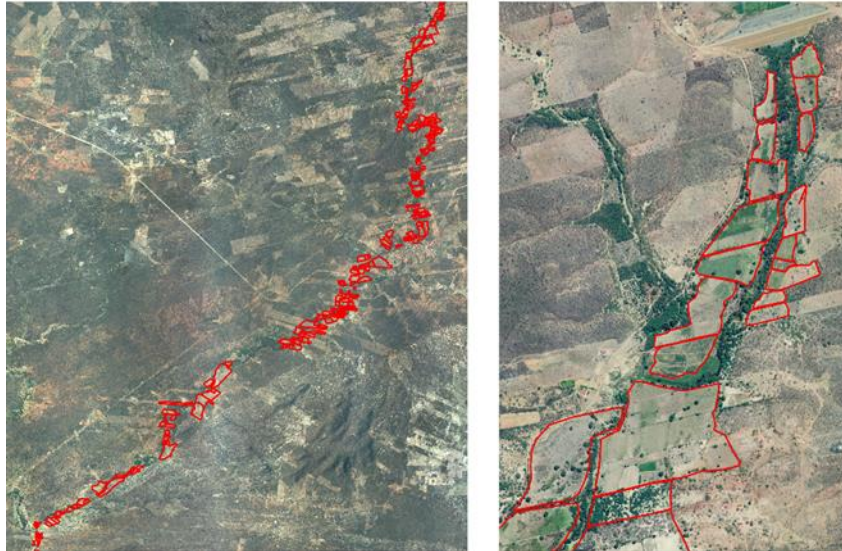
**Figura 2.** Print da tela inicial do site da LSA SAF

#### 4.3 Levantamentos de Índice de Vegetação utilizando NDVI e FVC

##### 5.3.1 Criação de shapefiles

A criação de um Shapefile no QGIS é um processo fundamental para começar a trabalhar com dados geospaciais. Neste caso específico, foram criados shapes de áreas de cultivo ao longo do Riacho da Brígida, localizado no município de Parnamirim (Figura 3). Essa atividade teve por objetivo analisar de forma pontual se, na área de interesse, houve irrigação nos períodos secos, por meio de índices de vegetação, como é o caso do NDVI.



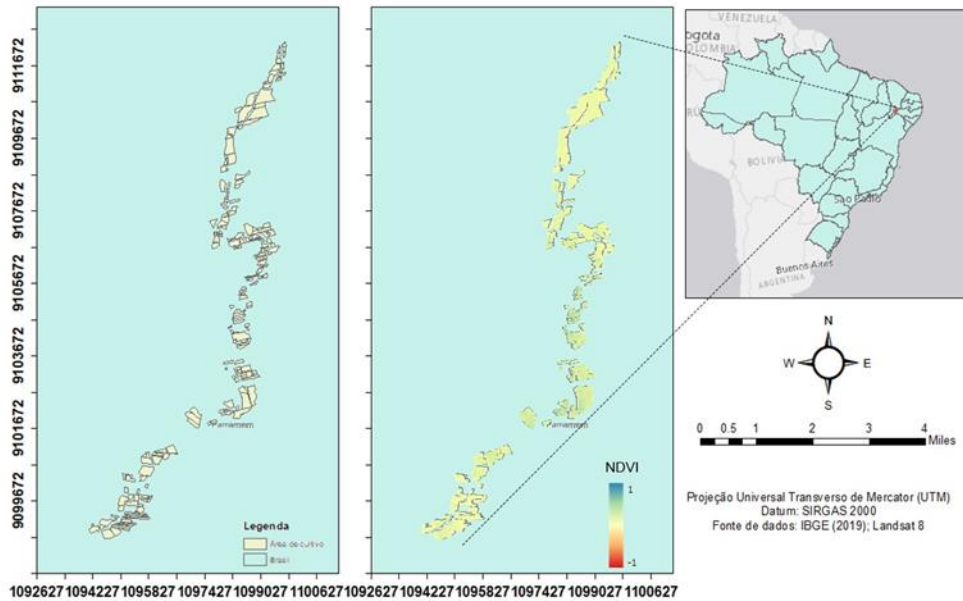


**Figura 3.** Shapefile de áreas de cultivo vizinhas ao trecho do Riacho da Brígida localizado no município de Parnamirim.

### 5.3.2 Índice de vegetação (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index)

O NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) é um indicador amplamente utilizado para avaliar a saúde e densidade da vegetação em áreas terrestres a partir de imagens de satélite. Ele é calculado comparando a luz refletida nas faixas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED) do espectro eletromagnético.

Para verificar se no período seco do ano de 2016, ano em que a alocação negociada de água foi iniciada nesta área, estava sendo feita a irrigação de áreas de cultivo vizinhas ao Riacho da Brígida (trecho de Parnamirim), fez-se o cálculo do NDVI (média de agosto e setembro de 2016) no Google Earth Engine (GEE). Para isso foi utilizado o shapefile que foi criado das áreas de cultivo e as imagens do satélite Landsat-8 (Figura 4).



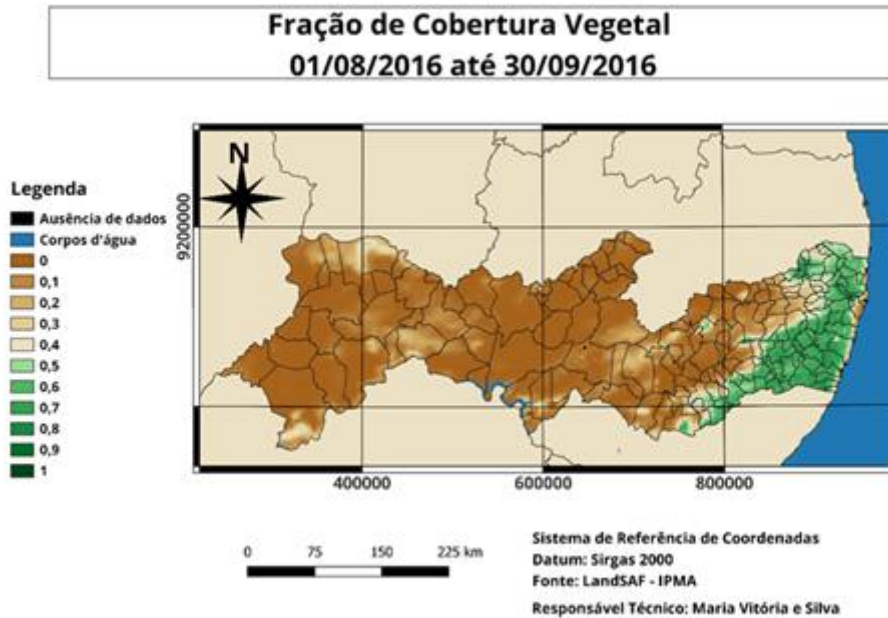
**Figura 4.** NDVI das áreas de cultivo vizinhas ao Riacho da Brígida.

### 5.3.3 Fração de Cobertura Vegetal (FVC)

A Fração de Cobertura Vegetal (FVC) desempenha um papel crucial na determinação da partição entre a contribuição do solo e da vegetação para a emissividade e temperatura. Esta característica é essencial para compreender os processos na superfície terrestre e para os modelos de parametrização de superfície utilizados na previsão meteorológica e climática. Além disso, a FVC possui ampla aplicação na biosfera terrestre, abrangendo áreas como agricultura, silvicultura, gestão ambiental, uso do solo, hidrologia, monitoramento e gerenciamento de riscos naturais, observação das interações entre vegetação e solo, avaliação das condições de seca e extensão das áreas afetadas por incêndios.

Primeiramente foi necessário baixar o Java Runtime Environment (Para poder conseguir rodar o MSG Toolbox) e o MSG Toolbox (Programa projetado para preparar produtos operacionais da LSA-SAF para análises futuras e integração em Sistemas de Informações Geográficas e aplicações de Sensoriamento Remoto). Após isso, no site do LSA-SAF, foi realizado o download dos dados de FVC. Para poder abrir os dados no QGIS foi preciso fazer a conversão desses dados de HDFS para GeoTiff no aplicativo MSG Toolbox. Já no QGIS, para obter a média dos meses de agosto e setembro, somou-se os dados, dividiu-se pela quantidade de dados somados (61), e posteriormente, para

garantir que os dados estivessem na escala correta para serem interpretados corretamente no QGIS, foi necessário fazer a divisão por 10.000. Por fim, para facilitar a visualização, aplicou-se o estilo do FVC (Figura 5).

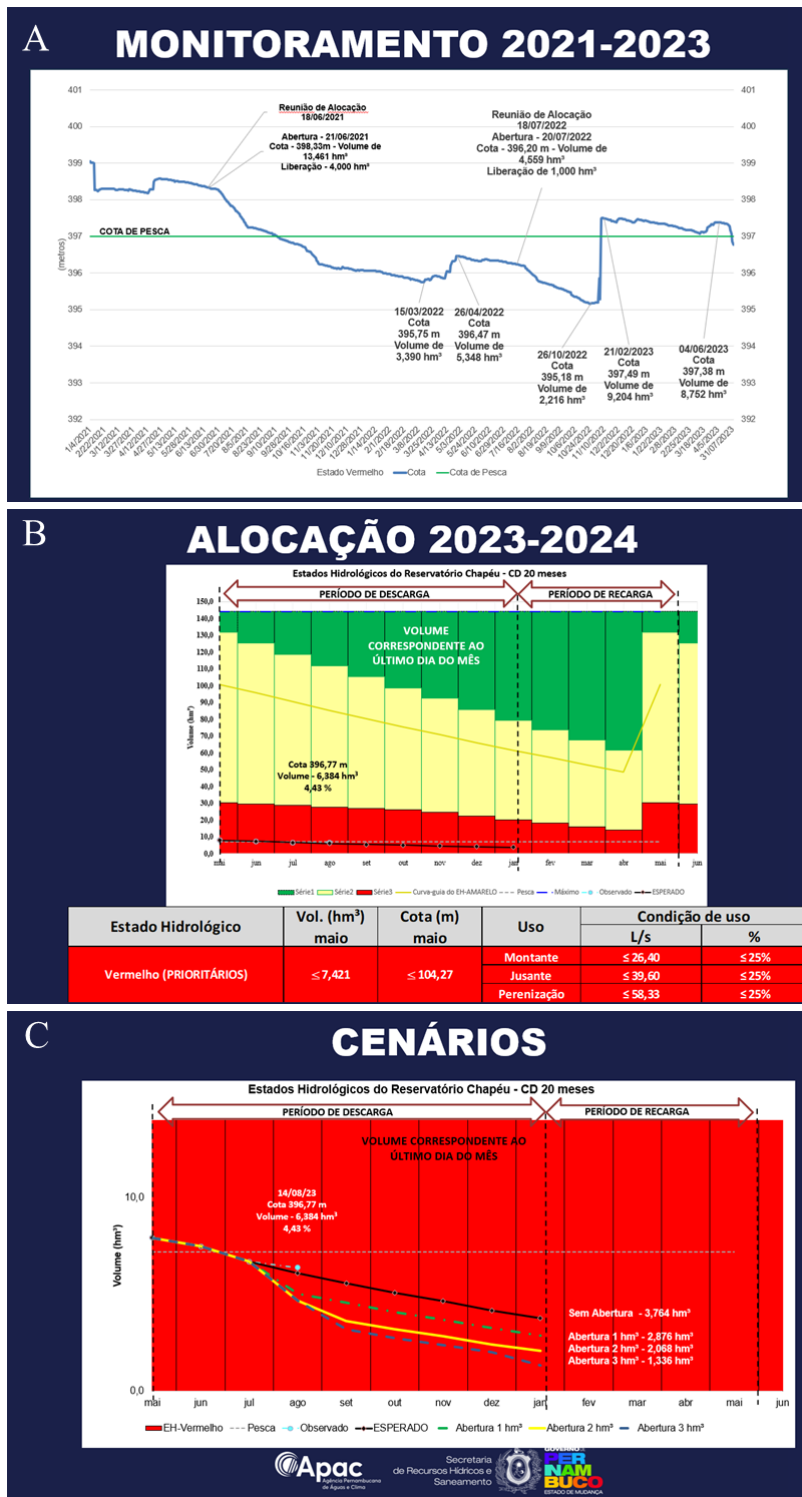


**Figura 5.** Fração de Cobertura Vegetal de Pernambuco.

#### 4.4 *Balanco Hídrico de reservatório*

Durante o estágio foi possível acompanhar a preparação do balanço hídrico do reservatório de chapéu. O balanço hídrico foi realizado para analisar o estado hidrológico do reservatório e estimar o volume que este chegaria no período de recarga.

Foi realizado o monitoramento do reservatório de chapéu (Figura 6a). Pode-se observar que o reservatório se encontra em estado vermelho (Figura 6b), ou seja, os usos de água estão sujeitos à definição da APAC, e apenas os usos que são considerados essenciais e não prejudiciais ao suprimento de água podem ser autorizados. Diante disso, foram estudados possíveis cenários de liberação de água (Figura 6c)



**Figura 6:** Monitoramento da barragem de chapéu de 2021 a 2023 (6a); Estado hidrológico do reservatório de chapéu – PE (6b). Cenários de possíveis níveis do reservatório a partir da liberação de determinado volume de água (6c)

## *5.5 Levantamento de dados sobre barragens*

### *5.5.1 Download da base de dados*

Para realização de todas as análises das barragens a serem estudadas, foi realizado o download dos dados (Modelos Digitais de Terreno, Ortoimagens e fichas técnicas dos reservatórios com cota de volume), pois esta está associada à obtenção de informações a serem monitoradas. Essas informações são essenciais para entender fenômenos, identificar tendências, realizar análises e informar decisões controladas.

Os modelos digitais de terreno e as ortoimagens foram obtidas do Programa Pernambuco Tridimensional – PE3D (Pernambuco, 2023), que consiste em um mapeamento aerofotogramétrico de todo território de Pernambuco. As ortoimagens obtidas no PE3D possuem resolução espacial de 0,5 metro e os Modelos Digitais de Terreno possuem resolução de 1 metro, o Sistema de Referência de coordenadas (SRC) delas é o SIRGAS 2000/ UTM Zone 24S. A plataforma fornece uma base de dados espaciais para suporte a muitas iniciativas para o desenvolvimento sustentável de Pernambuco, com potencial de utilização para as intervenções que requerem detalhamento preciso do terreno, como estradas, ferrovias, barragens, sistemas de irrigação, redes de água, esgotos, energia, gás, serviços de mineração e toda a gama de empreendimentos públicos e privados de maior porte.

As fichas técnicas são documentos importantes que contém informações detalhadas sobre o reservatório e são usadas principalmente na engenharia e na gestão de recursos hídricos para fornecer dados essenciais sobre o reservatório e seu funcionamento. Os downloads das fichas técnicas com cota de volume foram obtidos através do site da Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SIRH).

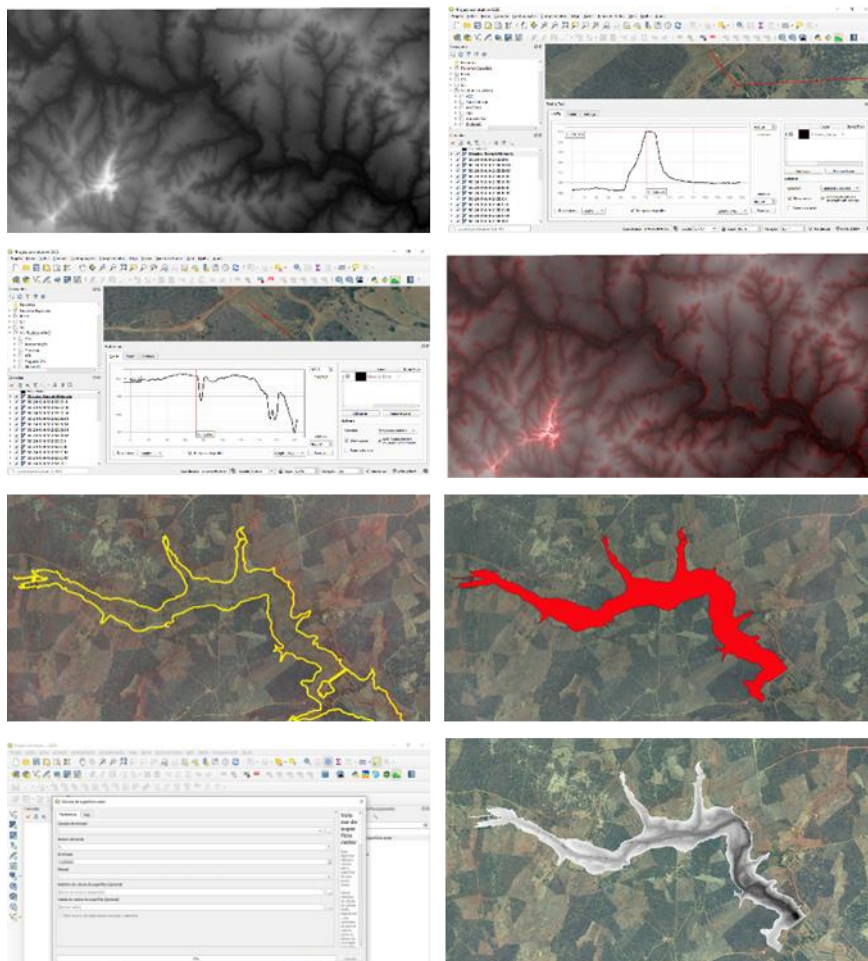
### *5.5.2 Levantamento e análises de barragens*

Após o download das Ortoimagens e Modelo Digital de Terreno (MDT) de cada barragem (Barra da Melancia, Barriguda, Belo Jardim, Botafogo, Cacimba, Caiçara, Eng. Gercino Pontes, Eng. Severino Guerra, Entremontes e Gurjau) no PE3D, foi feito o mosaico das imagens do Modelo Digital de Terreno. Com o mosaico pronto e reprojetado (SIRGAS 2000) foi realizada a verificação da cota do coroamento e do sangradouro das barragens, através da ferramenta profile tool. Após isso foi extraído as curvas de nível e

selecionada a curva correspondente a barragem. A partir da seleção da curva de nível foi criado um polígono da barragem e por fim utilizou-se o polígono como uma camada de máscara para fazer o recorte do mosaico.

Para calcular o volume e a área da barragem, utilizou-se a ferramenta de volume de superfície raster, onde o mosaico recortado foi utilizado como camada de entrada, o nível de base foi a cota de coroamento da barragem e o método foi de adicionar volumes abaixo do nível base. Em barragens que estavam secas foi realizado o cálculo de cada cota abaixo da cota de coroamento e em barragens cheias foi verificado apenas a cota do nível da água.

Por fim, a partir da inserção dos dados da ficha técnica e os dados obtidos a partir dos rasters do PE3D, foram criados gráficos no Excel para comparativo dos volumes das fichas técnicas e dos dados calculados a partir das imagens do PE3D. Na Figura 7 estão apresentadas alguns dos passos mencionados acima.





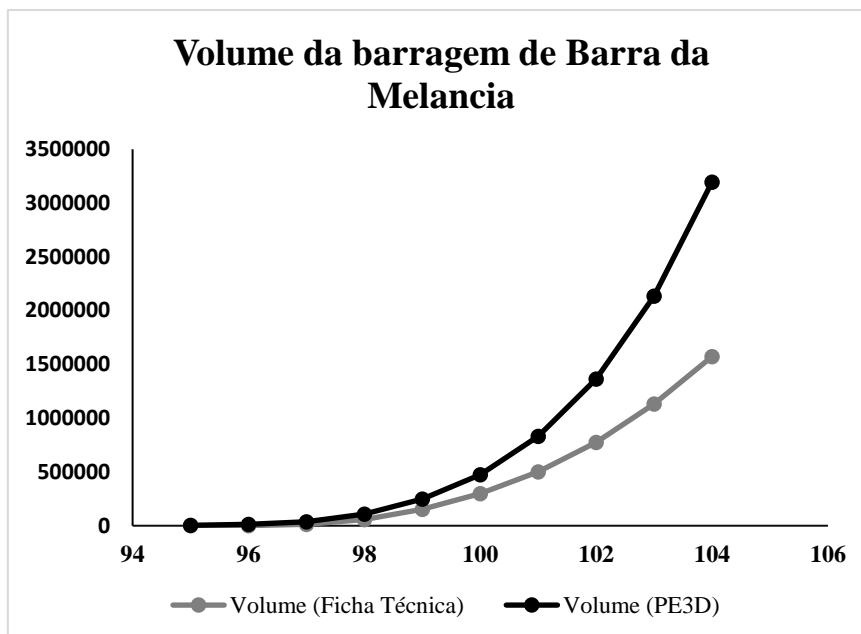
**Figura 7.** Etapas para obtenção da relação cota-área-volume da barragem utilizando QGIS.

Na Tabela 1, estão apresentados os dados de cota, área e volume da barragem de Barra da Melancia referentes a ficha técnica do SIRH e dados obtidos com os rasters do PE3D.

**Tabela 1.** Dados de cota, área e volume da barragem de Barra da Melancia.

Ficha Técnica			Dados PE3D		
Cota	Área	Volume	Cota	Área	Volume
95	960	211	459	5530,76	4158,72
96	1320	1351	460	13363,01	12538,67
97	21800	12811	461	41579,71	37406,96
98	70800	59011	462	101517,32	107285,59
99	119840	154331	463	181379,49	247835,11
100	171040	299771	464	282149,98	475023,45
101	233920	502251	465	435624,71	831442,09
102	314040	776231	466	640481,96	1365452,41
103	398760	1132631	467	907598,3	2134584,2
104	48100	1572511	468	1213032,1	3195110,44

Considerando os dados obtidos barragem de Barra da Melancia, foi plotado um gráfico com as informações de volume que consta na ficha técnico em paralelo ao estimado pelo PE3D (Figura 8).

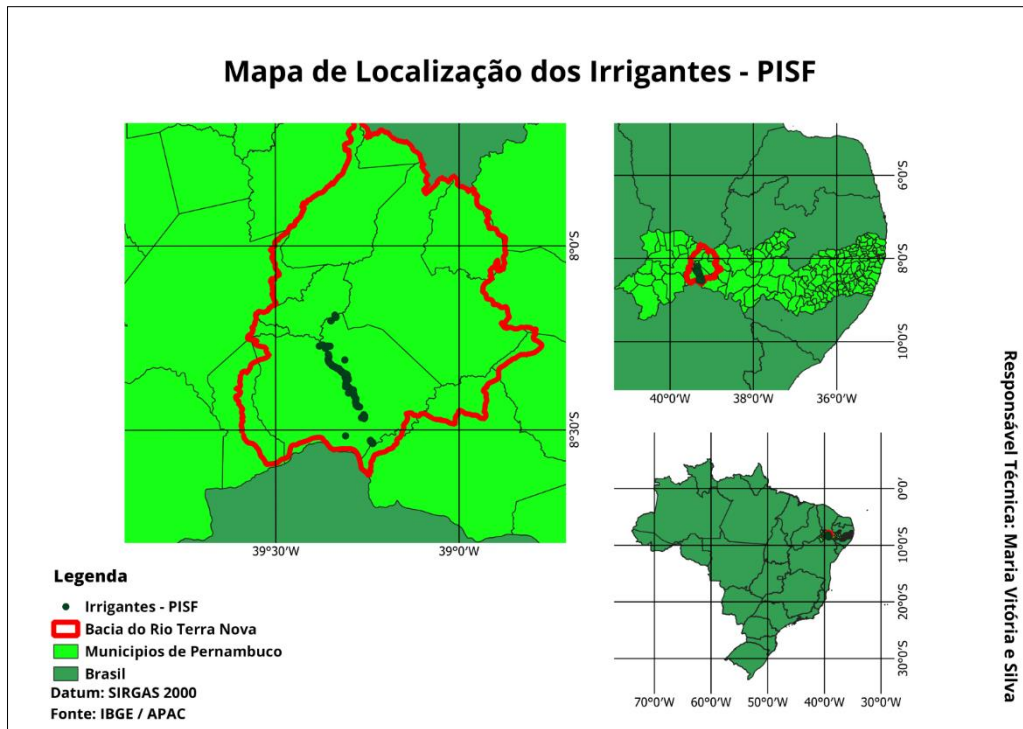


**Figura 8.** Gráfico do volume da barragem Barra da Melancia

### 5.6 Identificação de usuários de água na Bacia do Rio Terra Nova

Para identificação dos irrigantes na Bacia do Rio Terra Nova foi necessário fazer a plotagem das coordenadas das áreas cadastradas por esses usuários de água. As coordenadas estavam inseridas em uma tabela do excel (APAC), e, através do QGIS, foi criado o shapefile dessas coordenadas. Para criação desse shapefile foi preciso converter a planilha de (.xlsx) para (.csv) para que ela pudesse ser utilizada na ferramenta ‘adicionar uma camada de texto delimitado’ no QGIS. Nessa ferramenta foi inserido o arquivo da planilha com as coordenadas dos pontos, foi feito o ajuste e assim criou-se o shapefile das coordenadas referentes aos usuários (Figura 9).



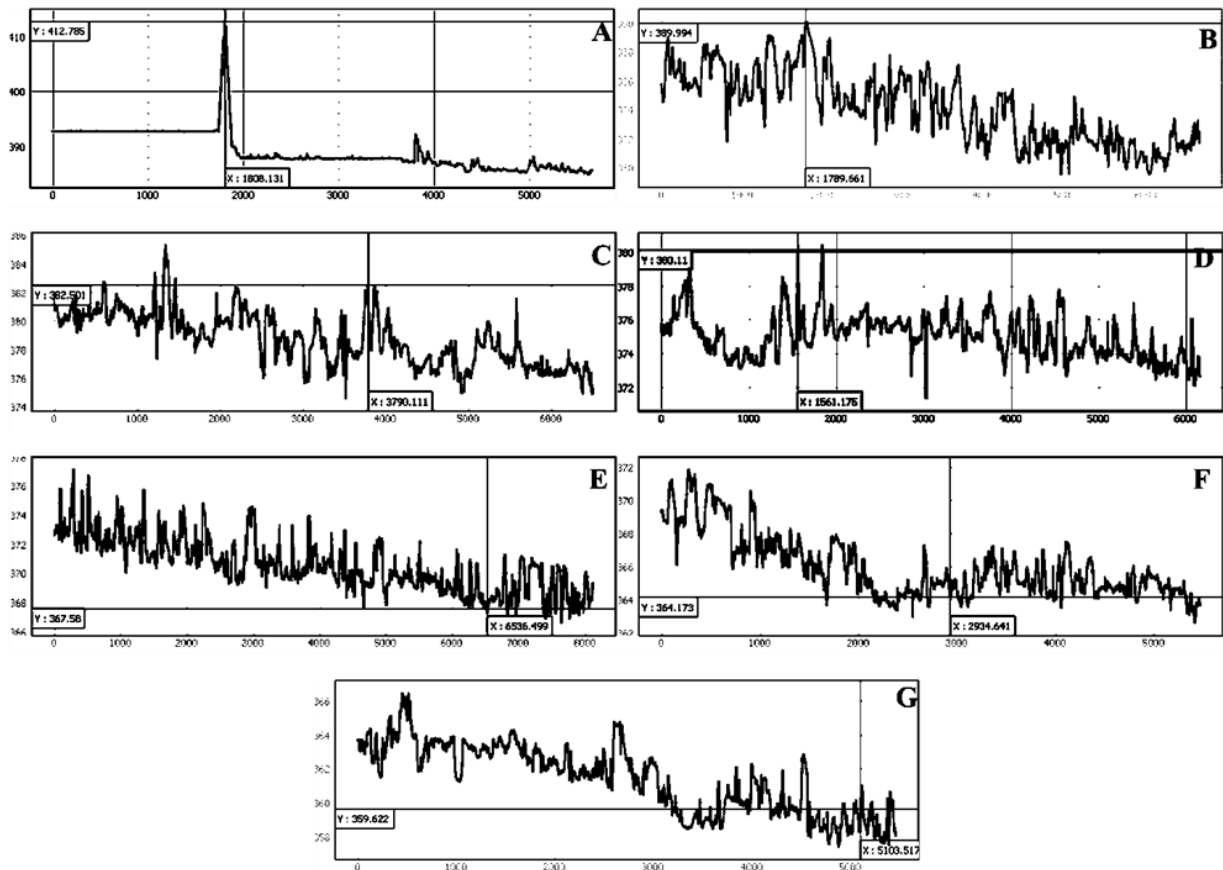


**Figura 9.** Mapa de localização de usuários da Bacia do Rio Terra Nova

## 5.7 Levantamento de Barragens em curso de rio

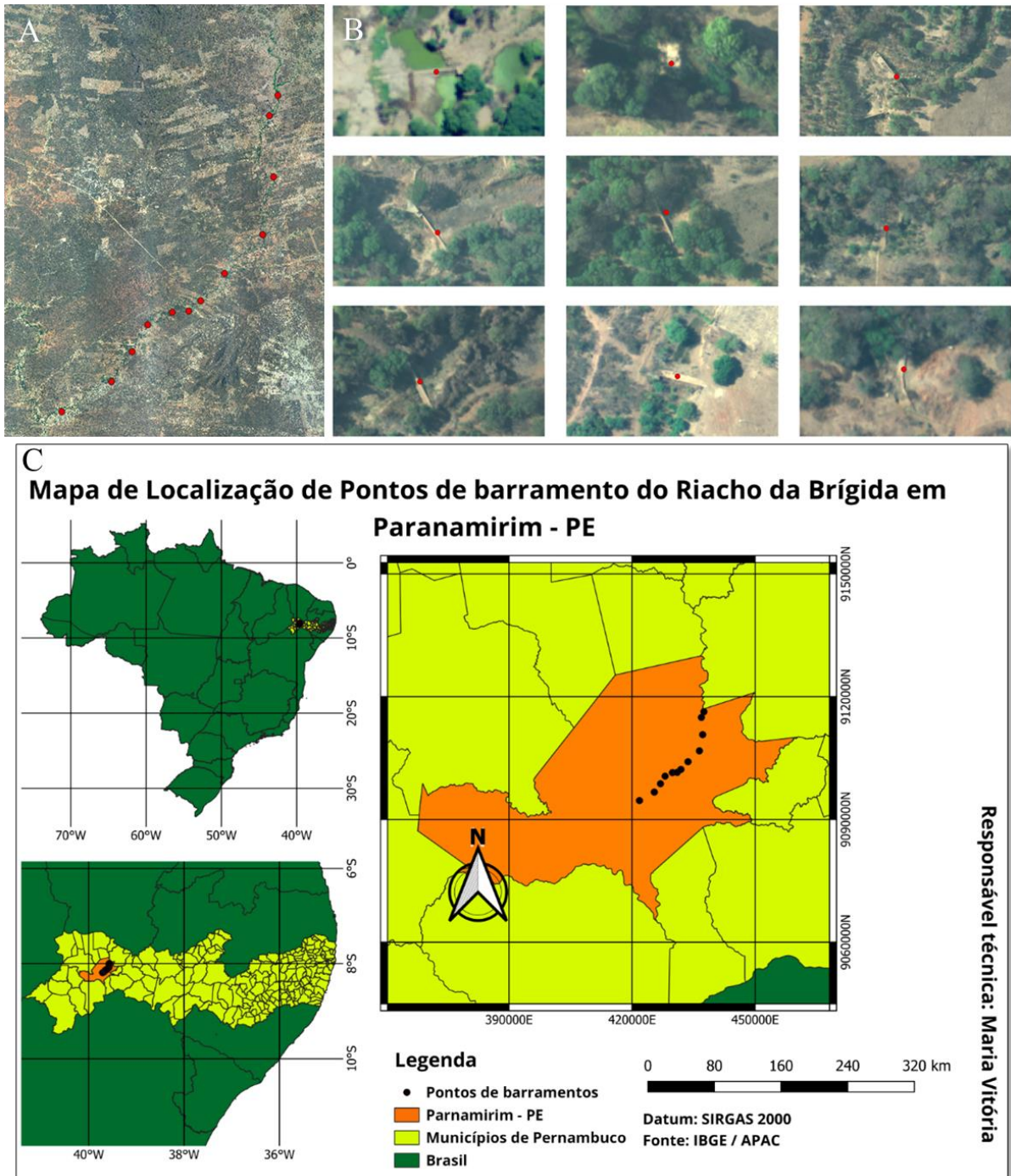
### 5.7.1 Perfil de elevação

Foram gerados 7 perfis de elevação para localização de barramentos no trecho do Riacho Brígida, no município de Parnamirim-PE (Figura 10). Para melhor separação, esses trechos foram divididos em distâncias entre 5 e 8 km. A marcação dos trechos foi realizada utilizando o mosaico das imagens do Modelo Digital de Elevação (MDE), da área de estudo, após isso obteve-se os gráficos dos perfis elevação onde foram selecionados pontos de possíveis barramentos e através das ortoimagens constatou-se que alguns dos pontos realmente se tratava de barreiras artificiais para retenção de água.



**Figura 10.** Perfil de elevação dos trechos ao longo do Riacho Brígida, Parnamirim-PE. Trecho 1 (A); Trecho 2 (B); Trecho 3 (C); Trecho 4 (D); Trecho 5 (E); Trecho 6 (F); Trecho 7 (G).

Com base no perfil de elevação (Figura 11a), foram identificados pontos selecionados de possíveis barramentos que estão apresentados na Figura 11b. Posteriormente, foi confeccionado um mapa de localização dos pontos de barramentos no trecho do Riacho da Brígida.



**Figura 11.** Trecho do Riacho da Brígida com pontos selecionados de possíveis barramentos (a); pontos de barramentos (b); mapa de localização dos pontos de barramentos no trecho do Riacho da Brígida (c).

### *5.7.2 Reunião de alocação de água do reservatório de Chapéu – Parnamirim*

Dentre as competências da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), a Alocação de Água em Pernambuco é uma delas. A alocação é a pactuação dos usos múltiplos da água em áreas susceptíveis a disputa pelo recurso, bem como em sistemas afetados por situações de crise ou períodos prolongados de seca (ANA, 2023). Atualmente, a alocação de água é realizada periodicamente em alguns reservatórios isolados de Pernambuco, localizados em regiões de escassez hídrica.

No dia 15/08/2023 às 9h foi realizada uma reunião virtual, para tratar sobre a alocação de água da Barragem de Chapéu, no município de Parnamirim. As reuniões de alocação têm por finalidade a apresentação de uma proposta elaborada pela APAC, que baseia a discussão e o planejamento do uso da água do reservatório, de forma participativa, em conjunto com o Conselho Gestor do Açude (CONSU) e usuários de diversos setores, de modo a contemplar todos os usuários cadastrados. Nessa reunião, além de apresentado 3 (três) propostas para liberação de água da barragem e beneficiamento dos usuários, também foi apresentado questões a respeito da qualidade da água da barragem, pois essa se encontra atualmente com elevado nível de cianobactérias e cianotoxinas.

Como produto da reunião temos o Termo de Alocação, que documenta o acordado em reunião e lista encaminhamentos a serem executados visando à gestão eficiente da água do reservatório. Nessa reunião, o Conselho e os usuários não optaram por nenhuma das propostas, solicitando a liberação de um volume maior de água.

## **5. Considerações finais**

Realizar o Estágio Supervisionado Obrigatório na Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) proporcionou uma experiência valiosa e enriquecedora. Durante esse período tive a oportunidade de conhecer e aprender sobre a gestão dos recursos hídricos.

Trabalhar na Gerência de Planos e Sistema de Informação dos Recursos Hídricos me permitiu aumentar meus conhecimentos sobre Sistemas Geográficos de Informações (SIG) e suas aplicações. Nesse ambiente, aprendi como os sistemas de informações são essenciais para monitorar, prever e tomar decisões informadas sobre recursos hídricos e clima. Tive acesso a uma vasta quantidade de dados e aprendi a processar e interpretar essas informações de maneira eficaz.

O estágio também me desafiou a desenvolver minhas habilidades de análise de dados e a aprimorar minha compreensão dos sistemas de informações geográficas (SIG) e ferramentas de modelagem climática. Essas habilidades são inestimáveis em um mundo onde a mudança climática está aumentando a complexidade dos desafios relacionados à água e ao clima. Tenho certeza de que a realização dessas atividades me serão muito úteis no meio profissional.

## Referências

- A., K., Srivastava., Anjali, Singhal., Pawan, Kumar, Jha. (2021). Geospatial technology for sustainable management of water resources. doi: 10.1016/b978-0-323-85045-2.00008-x
- Adisu, Mekonnen., Ayele, Tessema., Zerhun, Ganewo., Ashenafi, Haile. (2021). Climate change impacts on household food security and farmers adaptation strategies. 6:100197- . doi: 10.1016/J.JAFR.2021.100197
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos. Brasília: SAG, 2013. v. 5.
- Albuquerque, F. A. De ; Montenegro, Suzana Maria Gico Lima ; Silva, C. E. M. . Mudanças Climáticas E Serviços Ambientais Para Sustentabilidade De Bacias Hidrográficas. In: Arlindo Philippi Jr; Maria Do Carmo Sobral. (Org.). Gestão De Bacias Hidrográficas E Sustentabilidade. 1ed.São Paulo: Manole, 2019, V. , P. 552-586.
- Allison, Gage., Anita, Milman. (2021). Groundwater Plans in the United States: Regulatory Frameworks and Management Goals.. Ground Water, 59(2):175-189. doi: 10.1111/GWAT.13050
- Almeida, G. C., Montenegro, A. A. de A., Carvalho, A. A., Lourenço, V. R., Almeida, T. A. B., & Silva, M. J. (2022). Morphometric characterization of the Alto do Ipojuca hydrographic basin. Journal of Hyperspectral Remote Sensing, 12(3). <https://doi.org/10.29150/2237-2202.2022.251977>
- Andrade, Carlyne Wanessa Lins De ; Montenegro, Suzana Maria Gico Lima ; Lima, José Romualdo De Sousa ; Montenegro, Abelardo Antônio De Assunção ; Magalhães, Adriana Guedes . Modelagem Hidrológica Sob Escassez De Dados Na Bacia Do Alto Mundaú, Nordeste Do Brasil. Journal Of Environmental Analysis And Progress, V. 2, P. 227-238, 2017.
- Andrade, Carlyne Wanessa Lins De ; Montenegro, Suzana Maria Gico Lima ; Lima, José Romualdo De Sousa ; Montenegro, Abelardo Antônio De Assunção ; Magalhães, Adriana Guedes . Modelagem Hidrológica Sob Mudanças Na Cobertura Vegetal De Uma Bacia Hidrográfica No Nordeste Do Brasil. Journal Of Environmental Analysis And Progress, V. 2, P. 239, 2017.
- Basharat, Mushtaq., Suhaib, A., Bandh., Sana, Shafi. (2019). Management of Water Resources. 1-46. doi: 10.1007/978-981-15-3813-1\_1
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: ([http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)). Acesso em 7 de julho de 2023
- Camila, Gomes, Sant'Anna., Ian, Mell., Luciana, Bongiovanni, Martins, Schenk. (2020). Guided by Water: Green Infrastructure Planning and Design Adapted to Climate Change. 333-344. doi: 10.1007/978-3-030-75929-2\_18

Cengiz, Koç. (2016). A Study on Importance and Role of Irrigation and Hydropower Plant Operation in Integrated River Basin Management. doi: 10.4236/CWEEE.2017.61001

Christos, Chalkias., Nikolaos, Stathopoulos., Kleomenis Kalogeropoulos., Efthimios, Karymbalis. (2016). Applied Hydrological Modeling with the Use of Geoinformatics: Theory and Practice. doi: 10.5772/62824

Farias, Carlyne Wanessa Lins De Andrade ; Viana, Jussara Freire De Souza ; Miranda, Rodrigo De Queiroga ; Silva, Samara Fernanda Da ; Vasco, Gabriel ; Montenegro, Suzana Maria Gico Lima ; Galvêncio, Josiclêda Domiciano . Técnica de calibração Para Modelagem Da Bacia Hidrográfica Do Rio São Francisco, Brasil, Utilizando O Swat. Revista Brasileira De Geografia Física, V. 16, P. 1621-1628, 2023.

Flecha, R. Alocação de água e Marcos Regulatórios. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019). Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/allocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios>

Fontes Júnior, Robertson; Montenegro, Abelardo . Impact Of Land Use Change On The Water Balance In A Representative Watershed In The Semiarid Of The State Of Pernambuco Using The Swat Model. Eng Agr-Jaboticabal, V. 39, P. 110-117, 2019.

Jay, R., Lund. (2021). Approaches to Planning Water Resources. Journal of Water Resources Planning and Management, 147(9):04021058-. doi: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001417

Justin, Jacob. (2020). Water Resource Management: Objectives and Policies. 1(1):11-15.

Laura, E., Stevens., Thomas, K., Maycock., Brooke, C., Stewart. (2021). Mudança climática no ambiente humano: Indicadores e impactos da Quarta Avaliação Nacional do Clima. Journal of The Air & Waste Management Association, 71(10):1210-1233. doi: 10.1080/10962247.2021.1942321

Lauriance, Gerthoffer-Ham. (2018). Water resources management plan.

Li, Yuan-yuan., Cao, Jianting., Huang, Huojian., Xing, Ziqiang. (2018). International progresses in integrated water resources management. 29(1):127-137. doi: 10.14042/J.CNKI.32.1309.2018.01.015

Lins, Frederico Abraão Costa; Montenegro, Abelardo Antônio De Assunção; Farias, Carlyne Wanessa Lins De Andrade; Chagas, Aline Maria Soares Das ;Miranda, Rodrigo De Queiroga ;Galvêncio, Josiclêda Dominicano . Análise Da Dinâmica Temporal Da Evapotranspiração Real Em Uma Bacia Hidrográfica Do Semiárido Através De Modelagem Hidrológica E Sensoriamento Remoto. Irriga, V. 26, P. 543-564, 2021.

PE3D. Mapeamento do Território Pernambucano. Disponível em: <http://www.pe3d.pe.gov.br/mapa.php>

Pisleaga, Mihaela., Bădăluță, Minda, Codruța., Eles, Gabriel., Popescu, Daniela. (2017). Hydrographic Basins Analysis Using Digital Terrain Modelling. 245(6):062034-. doi: 10.1088/1757-899X/245/6/062034

Robert, Maliva., Thomas, M., Missimer. (2011). Integrated Water Resources Management. 911-925. doi: 10.1007/978-3-642-29104-3\_35

Rocha, Ana Karlla Penna ; De Souza, Luciana Sandra Bastos ; De Assunção Montenegro, Abelardo Antônio ; De Souza, Werônica Meira ; Da Silva, Thieres George Freire . Revisiting The Application Of The Swat Model In Arid And Semi-Arid Regions: A Selection From 2009 To 2022. Theoretical And Applied Climatology, V. 53, P. 1-21, 2023.

Sheikh, Mahabub, Alam. (2019). Integrated Water Resources Management (IWRM): Maximise Usage and Minimise Wastage of Water Resources. 6(1):23-36. doi: 10.18034/APJEE.V6I1.260

Silva, A. F.; Farias, C. W. L. A., 2021. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú utilizando o modelo Swat. Revista Semiárido De Visu, v. 9, n. 2, p. 76-86.

Silveira, A. L. Da E Desbordes, M. Modelo hidrológico distribuído urbano com poucos parâmetros. Revista Brasileira de Recursos Hídricos- RBRH, v. 4, n. 1. p.35-48, jan./mar. 1999.

Sun, Hoo, Ihm., Seung, Beom, Seo., Young-Oh, Kim. (2019). Valuation of Water Resources Infrastructure Planning from Climate Change Adaptation Perspective using Real Option Analysis. Ksce Journal of Civil Engineering, 23(6):2794-2802. doi: 10.1007/S12205-019-1722-6

Wenping, Xu., Zhi, Zhong., David, Proverbs., Shu, Xiong., Yuan, Zhang. (2021). Enhancing the Resilience of the Management of Water Resources in the Agricultural Supply Chain. Water, 13(12):1619-. doi: 10.3390/W13121619

Yongqiang, Zhang., Dongryeol, Ryu., Donghai, Zheng. (2021). Using Remote Sensing Techniques to Improve Hydrological Predictions in a Rapidly Changing World. Remote Sensing, 13(19):3865-. doi: 10.3390/RS13193865