

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS SERTÃO - DELMIRO GOUVEIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JOSEVAN ARAÚJO DA CONCEIÇÃO

ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ, REGIÃO
FISIOGRÁFICA SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO – EFEITO DA PRECIPITAÇÃO

DELMIRO GOUVEIA-AL
2022

JOSEVAN ARAÚJO DA CONCEIÇÃO

ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ, REGIÃO
FISIOGRÁFICA SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO – EFEITO DA PRECIPITAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Alagoas – Campus
do Sertão, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes

DELMIRO GOUVEIA-AL
2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

C744a Conceição, Josevan Araújo da

Análise geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Pajeú, região fisiográfica submédio São Francisco – efeito da precipitação / Josevan Araújo da Conceição. - 2022.
65 f. : il.

Orientação: Odair Barbosa de Moraes.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2022.

1. Análise geoambiental. 2. Análise hidrológica. 3. Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú. 4. Vazão específica. 5. Curva de permanência. 6. Precipitação. I. Moraes, Odair Barbosa de. II. Título.

CDU: 628.1

Folha de Aprovação

JOSEVAN ARAÚJO DA CONCEIÇÃO

ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ, REGIÃO
FISIOGRÁFICA SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO – EFEITO DA PRECIPITAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso submetida
a banca examinadora do curso de
Engenharia Civil da Universidade Federal de
Alagoas – Campus do Sertão, e aprovada em
12 de dezembro de 2022.



Orientador: Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes

(Universidade Federal de Alagoas)

Banca examinadora:



Examinador Interno: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira

(Universidade Federal de Alagoas)

Documento assinado digitalmente



MELYSSA SOUSA DE LAVOR

Data: 27/12/2022 23:38:29-0300

Verifique em <https://verificador.itl.br>

Examinador Externo: Eng.^a Melyssa Sousa d Lavor

(Universidade Federal de Alagoas)

RESUMO

O consumo da água no mundo aumentou bastante, a escassez é preocupante, e o mau uso e poluição crescem a cada dia. Logo, é necessário criar ações que possibilitem uma melhor gestão da oferta e demanda da água. Nessa conjuntura, diversos tipos de análises podem ser empregadas para traçar estratégias que maximizem o uso adequado da água. As análises estatísticas juntamente com análises geoambientais foram os modelos utilizados nesse trabalho. Os dados adquiridos poderão servir como base para programas de gestão sustentável, e também como medidas que possibilitem reduzir problemas socioeconômicos, e culturais da região da Bacia hidrográfica do rio Pajeú. Os dados foram adquiridos em estações meteorológicas Pluviométricas e Fluviométricas, onde foi realizada análise de séries da Bacia do rio Pajeú. Para fundamentar o estudo foi feita análise geoambiental através de Sistemas de Informações geográficas – SIGs. As estações escolhidas para o trabalho estão localizadas no alto, médio e baixo Pajeú, onde a partir das series históricas foi calculada a vazão específica e obtida a curva de permanência. Com essas informações foi possível aferir que não há relação entre precipitação e vazão durante o período analisado. Diante disso, é notório que as ações antrópicas têm influenciado ainda mais no cenário de seca da região. Logo, o maior desafio é elaborar um planejamento conjunto entre o comitê da bacia e poderes públicos com objetivo de promover o desenvolvimento sustentável da Bacia hidrográfica do Rio Pajeú.

Palavras-chave: Rio Pajeú, Vazão Específica, Curva de Permanência, Análise Geoambiental, Precipitação.

ABSTRACT

Water consumption in the world has increased greatly, scarcity is worrying, and misuse and pollution grow every day. Therefore, it is necessary to create actions that enable a better management of water supply and demand. At this juncture, several types of analyses can be used to devise strategies that maximize the proper use of water. Statistical analyses together with geoenvironmental analyses were the models used in this work. The acquired data can serve as a basis for sustainable management programs, as well as measures that reduce socioeconomic and cultural problems of the Pajeú River Basin region. The data were acquired in Pluviometric and Fluviometric meteorological stations, where series analysis of the Pajeú River Basin was performed. To support the study, geoenvironmental analysis was made through Geographic Information Systems - SIGs. The stations chosen for the work are located in the high, middle and low Pajeú, where from the historical series the specific flow was calculated and the permanence curve was obtained. With this information it was possible to measure that there is no relationship between precipitation and flow during the analyzed period. Therefore, it is notorious that anthropic actions have influenced even more in the region's drought scenario. Therefore, the biggest challenge is to develop a joint planning between the basin committee and public authorities in order to promote the sustainable development of the Pajeú River Basin.

Keywords: Pajeú River, Specific Flow, Permanence Curve, Geoenvironmental Analysis, Precipitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Sistema de Informações Geográficas.....	20
Figura 02 - Processador de Consulta.....	22
Figura 03 - Gerenciador de Armazenamento.....	23
Figura 04 - Fluviograma vazões relacionadas em uma curva de permanência.....	24
Figura 05 - Bacia Hidrográfica do rio Pajeú.....	25
Figura 06 - Sub-bacia do rio Pajeú.....	27
Figura 07 - Nascente rio Pajeú.....	32
Figura 08 - Foz rio Pajeú.....	32
Figura 09 - Corpos D'água Bacia hidrográfica do rio Pajeú.....	33
Figura 10 - Precipitação média climatológica - bacia hidrográfica do rio Pajeú.....	34
Figura 11 - Precipitação do na bacia hidrográfica do rio Pajeú.....	34
Figura 12 - Média mensal das temperaturas máximas na bacia do rio Pajeú.....	35
Figura 13 - Média mensal das temperaturas mínimas da bacia do rio Pajeú.....	35
Figura 14 - Média mensal da umidade relativa mínima da bacia do rio Pajeú.....	36
Figura 15 - Hidrogeografia da bacia do rio Pajeú.....	37
Figura 16 - Solos da bacia do rio Pajeú.....	38
Figura 17 - Vegetação da bacia do rio Pajeú.....	39
Figura 18 - Mapa dos municípios inseridos na bacia do rio Pajeú.....	40
Figura 19 - Curso das águas da bacia do rio Pajeú e a núcleos urbanos.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Vazão específica para a estação Afogados da Ingazeira-PE.....	42
Gráfico 02 - Curva de Permanência estação Afogados da Ingazeira-PE.....	43
Gráfico 03 - Vazão específica para a estação Açude Serrinha-PE.....	44
Gráfico 04 - Curva de Permanência estação Açude Serrinha-PE.....	45
Gráfico 05 - Vazão específica para a estação Ilha Grande-PE.....	46
Gráfico 06 - Curva de Permanência estação Ilha Grande-PE.....	47
Gráfico 07 - Comparação da vazão específica com todas as estações.....	48
Gráfico 08 - Vazão média específica para cada estação.....	48
Gráfico 09 - Precipitação para a estação Afogados da Ingazeira-PE.....	49
Gráfico 10 - Precipitação para a estação Serra Talhada-PE.....	50
Gráfico 11 - Precipitação para a estação Airi (Rochedo).....	51
Gráfico 12 - Comparação da vazão específica e precipitação Afogado da Ingazeira	52
Gráfico 13 - Comparação da vazão específica e precipitação Serra Talhada.....	53
Gráfico 14 - Comparação da vazão específica e precipitação Floresta.....	53
Gráfico 15 - Dispersão dos dados entre vazão e precipitação para as estações de Afogado da Ingazeira – PE.....	56
Gráfico 16 - Dispersão dos dados entre vazão e precipitação para as estações de Serra Talhada – PE.....	56
Gráfico 17 - Dispersão dos dados entre vazão e precipitação para as estações de Floresta – PE.....	57

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Estações de Vazão.....	27
Tabela 2 - Estações de Precipitação.....	28
Tabela 3 - Monitoramento dos Reservatórios Bacia do rio Pajeú.....	41
Tabela 4 - Regressão vazão e precipitação: estações de Afogados da Ingazeira - PE.....	54
Tabela 5 - Regressão vazão e precipitação: estações de Serra Talhada - PE.....	55
Tabela 6 - Regressão vazão e precipitação: estações de Floresta - PE.....	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO:	12
1.1 Objetivos:.....	14
1.1.1 Objetivos Gerais:	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 Justificativa:	15
1.3 Estrutura do Trabalho:	15
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 Análise Geoambiental e Hidrologia:	16
2.2 Bacia Hidrográfica:	18
2.3 Regressão Linear:	19
2.4 Sistema de Informações Geográficas - SIG:	19
2.5 Banco de Dados:	21
2.6 SGBD – Sistema Gerenciamento de Banco de Dados:	21
2.7 Curva de Permanência:	23
3. METODOLOGIA:	25
3.1 Área do Estudo:	25
3.2 Pesquisa Documental: Legislação e Relatórios:	26
3.3 Pesquisa em Bases de Dados Secundários: Mapas, Dados Estatísticos:	26
3.4 Análise Pluviométrica:	28
3.5 Determinação da Vazão Específica:	28
3.6 Regressão Linear:	29
4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS:	31
4.1 Banco de Dados Georreferenciados e Produtos Cartográficos Digitais:	31
4.2 Hidrografia:	31
4.3 Clima:	33
4.4 Precipitações:	34
4.5 Temperatura:	35
4.6 Geologia:	36
4.6.1 Hidrogeologia:	36
4.6.2 Solo:	37
4.6.3 Vegetação da Bacia do Rio Pajeú	38
4.7 Condicionantes sociais da bacia do rio Pajeú:	39
4.8 Resultados Estatísticos:	41
4.8.1 Estação Fluviométrica – Afogados da Ingazeira-PE:	42
4.8.2 Estação Fluviométrica – Açude Serrinha-PE:	43
4.8.3 Estação Fluviométrica – Ilha Grande-PE:	45
4.8.4 Comparação entre as estações Fluviométricas Estudadas:	48
4.8.5 Estação Pluviométrica – Afogados da Ingazeira-PE:	49
4.8.6 Estação Pluviométrica – Serra Talhada-PE:	50
4.8.7 Estação Pluviométrica – AIRI (Rochedo)-PE:	50
4.8.8 Comparação entre as Estações Fluviométricas e Pluviométricas:	51

4.8.9 Resultado – Regressão Linear:	54
5. CONCLUSÃO:	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	60

1 INTRODUÇÃO

A água doce superficial, que pode ser utilizada de forma econômica e viável, sem grandes impactos ao meio ambiente, é apenas 0,001% da água do Planeta. O consumo da água no mundo aumentou bastante em menos de um século, equivalendo mais que o dobro das taxas de crescimento da população. O recurso hídrico mesmo escasso é suficiente para atender as necessidades da humanidade (SERHID, 2000), embora, a nível global, a escassez hídrica seja preocupante, devido ao mal uso e poluição crescentes. Por isso são necessárias ações que possibilitem uma melhor gestão da oferta e demanda da água.

Muitos fatores causam a degradação das águas, no meio urbano, por exemplo, o direcionamento impróprio de águas pluviais, lançamento de esgotos decorrentes da falta de infraestrutura, etc. No meio rural, podemos citar, por exemplo, descarte incorreto de embalagens de agrotóxicos, desmatamento de mata ciliar, manejo exagerado de agrotóxicos, entre outros. Esses e outros impactos, que ocorrem na bacia hidrográfica, refletem na qualidade ambiental. A água constitui um importante indicador de degradação do meio ambiente, por isso, a relevância dos estudos envolvendo bacias hidrográficas.

A escassez da água também está relacionada com a distribuição irregular entre as diversas regiões, às demandas cada vez maiores de consumo, principalmente nos sistemas produtivos, e a poluição e contaminação dos recursos naturais. O Brasil tem pouco mais de 13% do recurso hídrico disponível no mundo em termos de disponibilidade e/ou qualidade das águas, mas não apresenta uma distribuição homogênea (FREITAS, 1999). No semiárido do Brasil, os fatores climáticos, geológicos e antrópicos influenciam profundamente na renovação das reservas hídricas e na variação da qualidade das águas.

Neste contexto, é importante observar a estreita relação entre questões ambientais, socioculturais e econômicas. Comunidades tradicionais que vivem nestas localidades sofrem com ações antrópicas que ao longo do tempo agregam aos ambientes fatores de degradação.

Diversos fatores podem influenciar na qualidade da água de uma bacia hidrográfica e de suas regiões, podemos citar a geologia, o clima, a topografia, até

mesmo o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica (PEDREIRA, 1997). Segundo Arcova et al. (1998), os processos que controlam a qualidade da água de um manancial fazem parte de um equilíbrio, logo, alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar a sua qualidade.

Impactos ambientais nas bacias hidrográficas trazem desequilíbrio aos ecossistemas aquáticos, extinção de espécies vegetais e animais e proliferação de doenças, potencializando os problemas de escassez de água. De acordo com Brown et al. (2000) a escassez de água refletirá na produção de alimentos, uma vez que são necessárias em média mil toneladas de água para produzir uma tonelada de grãos.

O padrão hídrico de uma bacia hidrográfica é essencial para a hidrologia servindo como base para diversas formas de utilização da água, sendo indispensável para uma gestão sustentável dos recursos hídricos (Santos et al, 2009). Uma forma de se observar esse padrão é através da análise e estudo estatístico das séries históricas das estações meteorológicas.

Nessa conjuntura, as análises podem ser desenvolvidas com métodos distintos, um deles é a regressão linear, um modelo matemático que une uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes, fazendo relacionamento linear se as séries de dados estão ligadas (Alves, 2016).

Outra forma de se observar os padrões hídricos de uma bacia hidrográfica é através da análise geoambiental fazendo utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Esses sistemas são desenvolvidos para auxiliar na manipulação de informações geoespaciais, isto faz deles, ferramentas genéricas, para todo tipo de informação georreferenciada, sendo que a integração de banco de dados espaciais em um SIG permite organizar, sistematizar e gerar novos dados sobre a diversidade biológica e cultural, possibilitando com isso uma análise e planejamento ambiental, econômico e social da região estudada. Porém, muitas vezes é necessário apresentar as informações de forma direcionada a um ambiente específico, afim de construir um diagnóstico que permita entender e interpretar os dados adquiridos (LOBÃO, 2005).

Este trabalho faz um estudo da bacia hidrográfica do rio Pajeú que está situada no Estado de Pernambuco, mas especificamente na região fisiográfica do Sertão de Pernambuco, nas microrregiões do Pajeú, do Sertão do Moxotó, do Salgueiro, e de

Itaparica (Salgueiro e Montenegro, 2008). É a maior bacia do estado, tendo uma área de 16.838,70 km², com nascente no município de Brejinho e foz no município de Floresta, abrangendo uma extensão de aproximadamente 353 km. (PERNAMBUCO, 2006).

Dessa forma, para análise da bacia hidrográfica do rio Pajeú foram utilizados métodos estatísticos relacionando vazão específica e precipitação de algumas estações meteorológicas da bacia, como também o uso de banco de dados geoespaciais da região. Permitindo com isso análise da espacialização das vazões, detalhamento de solo, entre outros aspectos, tornando possível identificar e sugerir melhorias na qualidade do meio ambiente, na sociedade e na cultura, buscando melhor qualidade de vida para a região.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar uma análise geoambiental e estatística, utilizando Sistema de Informações Geográficas da bacia hidrográfica do rio Pajeú da Região fisiográfica submédio São Francisco.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a utilização de softwares e bibliotecas de geoprocessamento para análise geoambiental de bacias hidrográficas;
- Demonstrar a viabilidade da utilização de bancos de dados georreferenciáveis para bacias hidrográficas;
- Utilizar métodos estatísticos para obter os resultados;

1.2 justificativa

Entende-se que as informações adquiridas no desenvolvimento do trabalho poderão servir como base para elaboração de programas para gestão sustentável da região da bacia hidrográfica do rio Pajeú, bem como para realizar atividades articuladas e executadas juntamente com as comunidades tradicionais, poder público e instituições especializadas.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho apresenta análise geoambiental, hidrológico e estatístico aplicado a hidrologia na bacia hidrográfica do rio Pajeú. Este trabalho de conclusão de curso foi dividido em capítulos, que estão organizados da seguinte forma:

Neste capítulo 1 tem-se uma introdução, os objetivos a serem alcançados, e justificativa para realização deste trabalho.

No capítulo 2 foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema, apresentando conceitos e definições sobre análise geoambiental, hidrológico e estatístico aplicado a hidrologia na bacia hidrográfica do rio Pajeú.

O capítulo 3 refere-se à descrição da região escolhida para o estudo, a bacia hidrográfica do rio Pajeú, mostrando as características fisiográficas da área, e a metodologia utilizada na pesquisa, tratamento dos dados necessários para a análise, o estudo estatístico utilizado.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussões relevantes encontrados, atendendo aos objetivos do trabalho.

O capítulo 5 apresenta a conclusão da pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Análise Geoambiental e Hidrologia

A indigência de compreender de melhor forma a dinâmica da natureza tem tornado o meio ambiente objeto de estudo em várias áreas do conhecimento. Segundo Mendonça (2002), o meio ambiente deve ser percebido e examinado de forma unificada, pois obedece a tudo que engloba e interage com a sociedade; é o local de instalação e desenvolvimento com interação de fatores e processos físicos e humanos na elaboração do espaço, demonstrando assim a difícil relação de dependência da sociedade com o meio ambiente, representada pelo processo de aquisição de bens materiais, ocupação e organização do espaço e desenvolvimento sociocultural, logo, tal relação deve ser sustentável, evitando a deterioração do meio ambiente.

As análises geoambientais são aquelas “realizadas em escala de 1:50.000 que utilizam obrigatoriamente os parâmetros ambientais: geologia, geomorfologia, solos e uso e ocupação da terra para compor seus resultados e de suas relações geram dados de fragilidade e potencialidade ambiental” (OLIVEIRA, 2018, p. 93).

De Nardin e Robaina (2010, apud OLIVEIRA, 2018, p. 89) traz uma proposta do zoneamento geoambiental que é definida por uma abordagem sistêmica, tendo como principais características ambientais a fragilidade e potencialidade da paisagem em questão.

O zoneamento geoambiental fornece base e informações para a organização espacial, tendo em vista que, o espaço geográfico é dividido em sistemas e unidades homogêneas de potencialidades e suscetibilidades de uso e ocupação. Sendo o zoneamento uma unidade de ordenamento do território estabelecido em lei (OLIVEIRA, 2018, p. 22).

Sobre a definição das unidades geoambientais, sabe-se:

a definição dos sistemas e unidades geoambientais se inicia com o cruzamento do mapa litológico, associado a informações climáticas; sobrepondo os mapas de drenagem e do relevo; após o mapa de solos; desses cruzamentos obteve-se as diferentes unidades com base nos aspectos físicos. Posteriormente, ocorre a sobreposição das informações sobre feições superficiais e uso do solo. O Mapa Geoambiental representa uma síntese das características físicas da área, refletindo a homogeneidade quanto às características físicas do relevo, a ocupação e uso das áreas, o substrato geológico que compõem solos e ainda quanto às ocorrências de formas recentes de dinâmica superficial do relevo (CABRAL, 2014, p.62. apud OLIVEIRA, 2018, p. 106).

De acordo com Cardenas (1999) a abordagem do procedimento geoambiental é resultado do estudo da dinâmica do cenário idealizada por Tricart (1977), que qualifica numa última fase as unidades de paisagem natural em termos da vulnerabilidade, propondo escolhas para a utilização mais racional e sustentável dos recursos naturais. O Zoneamento Geoambiental como base no diagnóstico integrado da paisagem, caracteriza, apresenta, rotula, tabula e espacializa as distintas unidades de paisagem natural, observando seus potenciais e restrições de uso, onde a análise fisiográfica compõe a base para o conhecimento inicial da paisagem.

A relação de parâmetros físicos como relevo, clima, solos, geologia e botânica, e atribuindo níveis de vulnerabilidade a análise geoambiental tem por finalidade representar o conhecimento do procedimento atual dos ecossistemas para um ordenamento e manejo correto da paisagem natural (CARDENAS, 1999).

Segundo Mendonça (2002, p. 65) “a tônica da investigação geoambiental recai sobre a realização de análises geobiofísicas e de comportamento socioeconômico de forma integrada e a consequente criação de uma base de dados georreferenciados”. Esta base de dados tem como unidade de acesso uma porção integrada do território designada unidade da paisagem onde é melhor representada pela bacia hidrográfica.

Observa-se assim que a análise geoambiental é uma forma de estudar o meio ambiente de uma determinada área de modo integrado, ou seja, cada elemento do meio natural e do meio humano são avaliados individualmente e as informações interrelacionadas e unificadas para estudos de relação existentes entre eles. Assim clima, solos, geologia, geomorfologia, vegetação, ocupação humana, uso das terras, dentre outros tem suas peculiaridades analisadas e a relação que um possui com o outro de forma sistêmica para se chegar ao conhecimento do funcionamento do todo, as fragilidades, os desequilíbrios, relações de causa-efeito e as possíveis formas de intervir na área.

2.2 Bacia Hidrográfica

A Bacia Hidrográfica é o módulo espacial que caracteriza o meio natural pelo impacto que a drenagem da precipitação tem sobre todos os demais recursos e elementos da própria Bacia. “As Bacias Hidrográficas representam excelentes unidades de superfície da terra, naturalmente delimitadas, que permitem o controle da dinâmica que leva à formação de modelos específicos” (TAVARES, 1981 p. 47).

Cerri (1999, p.13) considera bacia hidrográfica como:

“... uma unidade geográfica complexa, que está delimitada territorialmente pela topografia que define o escoamento das águas, onde a rede de drenagem converge para um único curso d'água ou lago e que, para sua melhor compreensão, deve ser estudada de maneira integral, ainda, que às vezes, seja necessário dividi-la em sub-bacias ou bacias menores (micro bacias) para efetuar estudos mais aprofundados”.

Para Bermúdez e Recio (1992, p. 34) “as bacias hidrográficas constituem um território específico da superfície terrestre, delimitando-se as áreas marginais por seus divisores que nem sempre podem ser facilmente definidos”. Segundo os autores, a bacia fluvial em sua totalidade pode ser entendida como um sistema aberto do tipo processo-resposta, pois os fluxos de matéria e energia que nela se processam causam efeitos em seu território.

Zonneveld (1989) entende bacia hidrográfica por unidade de paisagem, ou seja, como uma unidade espacial que apresenta características singulares (tanto no meio geobiofísico, quanto no meio socioeconômico) que a definem e a delimitam e a distinguem das outras unidades, pois resulta do processo de integração das variáveis e pode consistir, por excelência, numa unidade de planejamento/gerenciamento ambiental.

Lanna (1995, p.51), ao avaliar a complexidade do gerenciamento de bacia hidrográfica, verifica que, uma bacia hidrográfica pode ser considerada uma composição de micro e pequenas bacias, sujeito as atividades humanas prolixas (agricultura) e concentradas (cidades e áreas industriais), mas que, além da complexidade intrínseca da inter-relação entre as partes e o todo, apresenta variabilidade temporal com elementos de imprevisibilidade (comportamento aleatório).

A Bacia hidrográfica representa a principal unidade geográfica voltada para o gerenciamento dos recursos hídricos. Esta ideia está unificada pelo fato da importância das águas, dos sedimentos e dos elementos poluentes a eles agregados que são levados pelos canais fluviais. Por isso a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997) recomenda em suas bases que a bacia hidrográfica é a unidade territorial de caráter básico e fundamental para implementação da supracitada Política e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

2.3 Regressão Linear

A regressão linear consiste em uma análise estatística para verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Ou seja, consiste na obtenção de uma equação que explica a variação da variável dependente pela variação dos níveis das variáveis independentes. A partir dessa equação é possível traçar um gráfico de dispersão, para verificar como se comportam os valores da variável dependente em função da variável independente.

Quando a função f que relaciona duas variáveis é do tipo $f(X) = a + bx$ tem-se o modelo de regressão simples. A variável X é a variável independente da equação enquanto $Y = f(X)$ é a variável dependente das variações de X . (ALVES, 2016).

2.4 Sistemas de Informações Geográficas - SIG

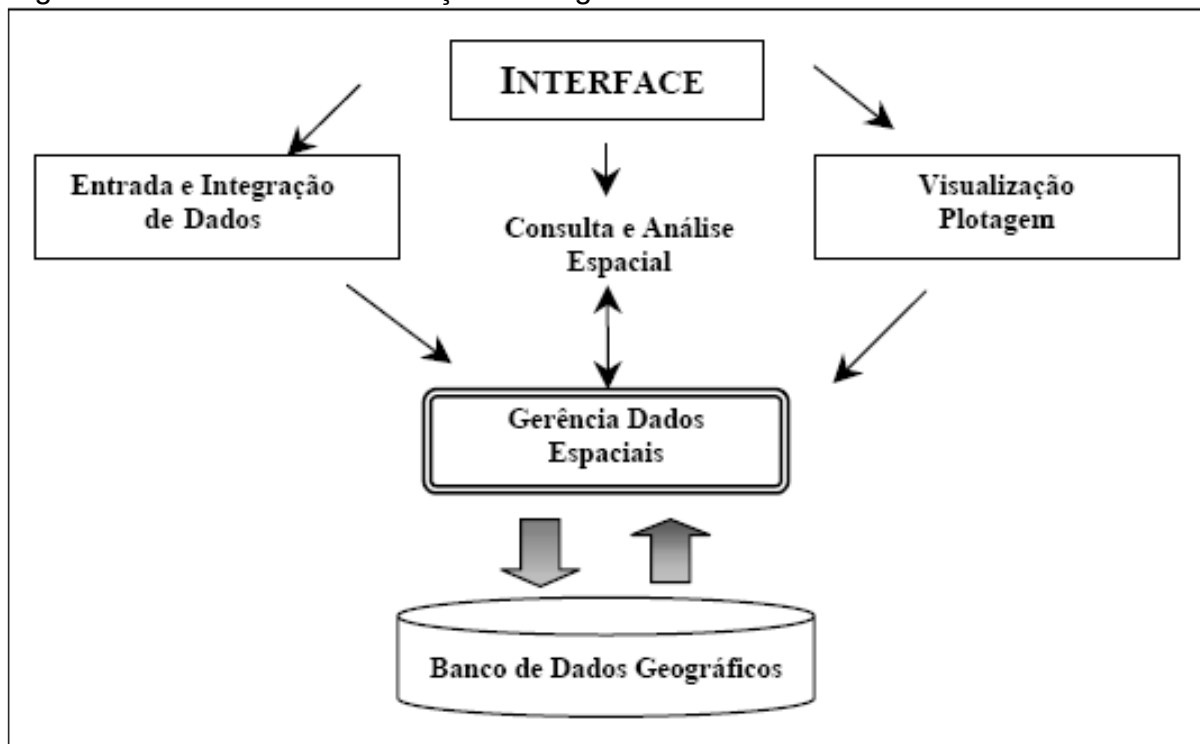
É um sistema para gravação, edição, organização e apresentação de dados espaciais, é um aplicativo que processa a informação geográfica de todos os tipos, combinados com outras informações devidamente definidas (BOLSTAD, 2005). Entre as principais aplicações dos SIGs estão:

- Planejamento urbano;
- Planejamento da paisagem e gestão (agricultura e silvicultura);
- Aquisição de informação geofísica

A empresa norte-americana Environmental Systems Research Institute Inc. - ESRI (1996) caracteriza os SIGs como sendo um conjunto de software, hardware, dados geográficos e pessoal, com a finalidade de organizar, executar e visualizar eficazmente todos os tipos de informação geograficamente referenciados. Além disso, alguns SIGs possuem uma função de mapeamento comum há Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - SGBD especializados em geoprocessamento, facilitando procuras de inteligência geográfica, ou topológica, baseadas em localizações no mapa, e não apenas em valores de dados (LEVINE E LANDIS, 1989).

A figura 1 sintetiza os componentes de um Sistema de Informações Geográficas.

Figura 1 – Sistema de Informações Geográficas



Fonte: Câmara e Medeiros-1998

Além de organizar os dados, as entradas das informações podem ser feitas direto pela representação de um objeto geoespacial. Deve-se analisar a área a ser aplicada primeiramente antes de definir a estruturação e o uso de tecnologias. Todavia, não é fácil desenvolver um SIG, pois existem muitos aplicativos que estão disponibilizados no mercado e ainda, é necessária uma boa noção em assuntos

cartográficos e de computação, entretanto é possível, formular e organizar planos que facilitam a atividade na tecnológica esperada (MEIRA, 1996).

Na construção de SIGs são necessários conhecimentos e técnicas de modelagem. No entanto, ainda é grande o nível de complexidade e de particularidades contidas em diversos tipos de SIGs os conceitos abrangidos precisarão ser avaliados de acordo com o campo de atuação determinado (MEIRA, 1996).

2.5 Banco de Dados

É uma unidade lógica de dados relacionados, bem como o seu conteúdo, regras e rotinas que é necessário para o processamento desses dados (ELMASRI, 2011). Alguns exemplos simples de banco de dados:

- Um arquivo do Access;
- Um arquivo com milhares de metros de prateleira cheia de arquivos de papel;
- Uma caixa de lista com nomes de pessoas e números de telefone associados;

Ou seja, o banco de dados é basicamente formado por Entidades, Atributos e Relacionamentos. As entidades são definidas como objetos específicos do mundo real onde as suas propriedades são armazenadas no banco de dados (ELMASRI, 2011). Ou ainda, como um conjunto de objetos reais modelados com o objetivo de manter informações no banco de dados (HEUSER, 2008). Os atributos são as características utilizadas para descrever uma entidade (GUIMARÃES, 2003). Os relacionamentos são conjuntos de associações entre as entidades que se pretende manter informações no banco de dados (HEUSER, 2008).

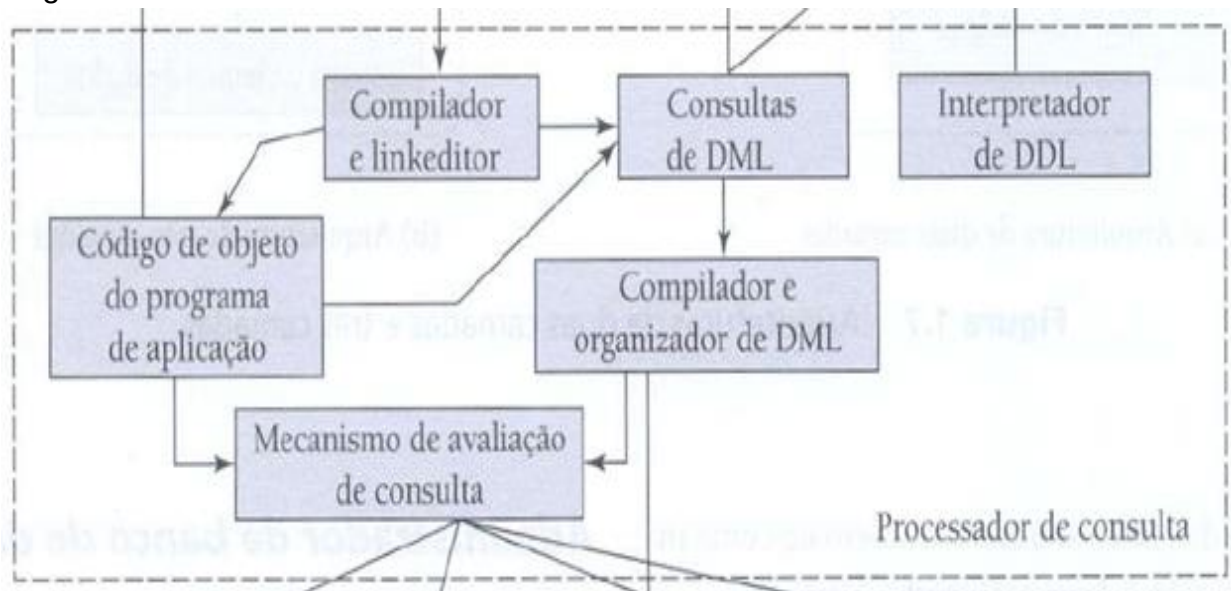
2.6 SGBD – Sistema Gerenciamento de Banco de Dados

Um SGBD normalmente tem pelo menos uma interface de utilizador e uma ou mais bases de dados. Além de estratégias de cobertura e procedimentos de backup que são definidas e realizadas regularmente (DATE, 2003). O SGBD é composto por

duas partes, o Processador de consulta e o Gerenciador de armazenamento. Exemplos de SGBD: MySQL, PostgreSQL, FireBird, entre outros.

O Processador de consulta (figura 2) basicamente inclui: o Interpretador de linguagem de descrição de dados (DDL), que cria e manipula o dicionário de dados; Compilador de linguagem de modelagem de dados (DML), que traduz e otimiza as consultas; e o Avaliador de consultas, que executa as consultas (DATE, 2003).

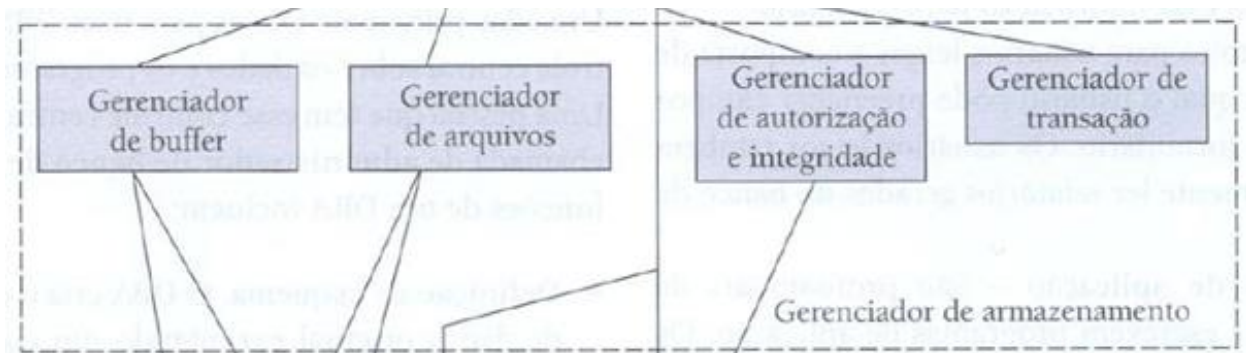
Figura 2 – Processador de Consulta



Fonte: DATE, 2003

O Gerenciador de armazenamento (figura 3) trabalha com grandes quantidades de dados em disco, dessa forma é de fundamental importância uma movimentação eficiente entre o disco e a memória. A interação com o gerenciador de arquivo do sistema operacional garante que as requisições de alto nível sejam convertidas para comando de baixo nível possibilitando a transferência dos dados. Além disso, implementa várias estruturas de dados (índices, dados estatísticos, arquivos, etc.) e incluem componentes para autorização, transações, arquivos e buffer (DATE, 2003).

Figura 3 – Gerenciador de Armazenamento



Fonte: DATE, 2003

Toda essa estrutura e funcionalidades fazem com que os SGBDs sejam capazes de alterar a organização dos dados de uma base de dados no nível físico e também no nível conceitual (tabelas, campos e relações), sem que isso implique a necessidade de refazer as aplicações que operam com os dados (ELMASRI, 2011).

2.7 Curva de Permanência

Curvas de permanência, são ferramentas gráficas que indicam o regime hidrológico de uma bacia hidrográfica de uma estação fluvial, ou seja, é uma metodologia para análise do comportamento hidrológico em cursos de água. A curva de permanência é útil para diferenciar o comportamento de rios e para avaliar o efeito de modificações como desmatamento, reflorestamento, construção de reservatórios, extração de água para uso consultivo (Pinheiro e Naghettini, 2010).

A curva de permanência, nos fornece, dados onde a vazão foi igualada ou superada durante a observação de uma estação fluvial, pois mostra graficamente a relação entre a magnitude e a frequência (VOGEL e FENNESSEY, 1994). Elas também podem ser utilizadas para preenchimento de falhas e para criar séries de vazão em bacias sem monitoramento (Hughes e Smakhtin, 1996).

De acordo com Naghettini e Pinto (2007), para que seja elaborado uma curva de permanência é necessário seguintes passos:

- (1) Ordenar as vazões Q em ordem decrescente;

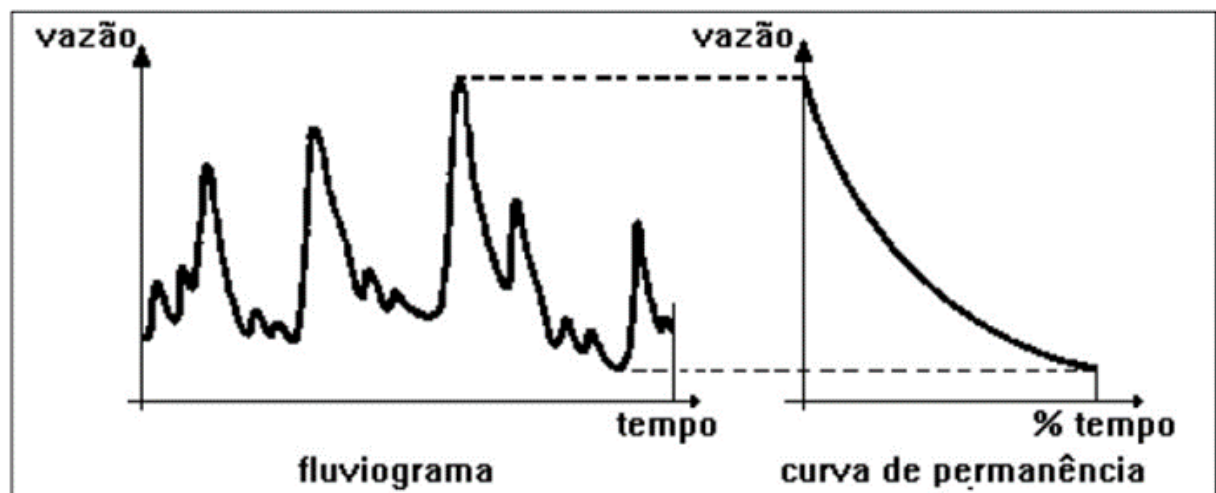
(2) Atribuir a cada vazão ordenada Q_m , a sua respectiva ordem de classificação m ;

(3) Associar a cada vazão ordenada Q_m a sua respectiva frequência ou probabilidade empírica de ser igualada ou superada P ($Q \geq Q_m$), a qual pode ser estimada pela razão (m/N) , onde N corresponde o número de registros fluviométricos;

(4) Lançar em um gráfico as vazões ordenadas e suas respectivas porcentagens $100(m/N)$ de serem igualadas ou superadas no intervalo de tempo considerado.

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica pode ser caracterizado por uma série de vazões, as quais podem ser esquematizadas graficamente por um fluviograma. A Figura 8 mostra uma curva de permanência genérica, a qual mostra a permanência das vazões relacionadas pelo fluviograma.

Figura 4 – Fluviograma: vazões relacionadas em uma curva de permanência.



Fonte: Quimpo e McNally (1983).

3.2 Pesquisa Documental: Legislação e Relatórios

Foi analisada a legislação ambiental federal e estadual relacionada à preservação ambiental e recursos hídricos. Usou-se principalmente a lei nº 9.433 que estabelece a Política Nacional dos Recursos Hídricos, programa Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Plano hidroambiental da Bacia Hidrográfica do rio Pajeú.

3.3 Pesquisa em Bases de Dados Secundários: Mapas, Dados Estatísticos

Todas as informações e dados coletados nas fases anteriores fomentaram o banco de dados do SIG, aqui denominado Banco de Dados Georreferenciados da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú.

A montagem do banco de dados geográfico ocorreu, com a utilização de vários softwares, um deles foi Open Jump, a padronização da cartografia básica através das conversões necessárias, e preparação da base de dados, consistindo em operações de Georreferenciamento: edição e entrada dos atributos.

É possível visualizar as sub-bacias obtidas em mapa digital do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH, com destaque na sub-bacia do rio Pajeú, localizada na região fisiográfica do submédio que pode ser visualizado no mapa da figura 6.

Figura 6 - Sub-bacia do rio Pajeú.



Fonte SNIRH, 2021.

Com a visualização dos mapas básicos: hidrografia, geomorfologia, geologia, solos, vegetação e uso e ocupação dos solos, clima, hidrogeologia, etc. E com a análise das informações e cartografia do banco de dados do rio Pajeú, foram geradas informações mais específicas.

Os dados das estações meteorológicas foram obtidos através do portal HidroWeb no site da Agência Nacional de Águas. No SIG SNIRH foram identificadas as estações fluviométrica e pluviométrica pertencentes à bacia do rio Pajeú, e então adquirida as séries históricas para cada uma dessas estações. Nas Tabelas 1 e 2 estão listadas as estações de vazão e precipitação utilizadas (ANA, 2022).

Tabela 01 – Estações de Vazão

CÓDIGO	ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	OPERADORA	MUNICÍPIO	RIO	ÁREA DRENAGEM (KM²)
48820000	AFOGADOS DA INGAZEIRA	-7,74	-37,64	CPRM/PAJEÚ	AFOGADOS DA INGAZEIRA	PAJEÚ	3.540,00
48850000	AÇUDE SERRINHA	-8,24	-38,53	CPRM	SERRA TALHADA	PAJEÚ	9.660,00
48880000	ILHA GRANDE	-8°31'39"	-38°09'59"	CPRM	FLORESTA	PAJEÚ	2.260,00

Fonte: autor (2022)

Tabela 02 – Estações de Precipitação

CÓDIGO	ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	OPERADORA	MUNICÍPIO	RIO
737023	AFOGADOS DA INGAZEIRA	-7,74	-37,65	CPRM	AFOGADOS DA INGAZEIRA	PAJEÚ
738030	SERRA TALHADA	-7,98	-38,30	APAC-PE	SERRA TALHADA	PAJEÚ
838000	AIRI (ROCHEDO)	-8,54	-38,19	CPRM	FLORESTA	PAJEÚ

Fonte: autor (2022)

3.4 Análise Pluviométrica

Foram utilizados na pesquisa dados provenientes da Agência Nacional de Águas (ANA), correspondentes a três estações pluviométricas localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú. Sendo a estação de Afogados da Ingazeira do alto Pajeú, estação de Serra Talhada do médio Pajeú, e a estação de AIRI do baixo Pajeú.

Para análise da precipitação, foram gerados gráficos das médias das chuvas anuais, e observada a linha de tendência dos mesmos, sendo consideradas como possíveis mudanças climáticas as situações em que o índice apresentou tendência linear, (positiva ou negativa) superior ao erro padrão de estimativa, e com boa significância estatística.

3.5 Determinação da Vazão Específica

A vazão específica média de longa duração é usada como referência para comparar bacias e diferencia a potencialidade hídrica das mesmas é obtida pela divisão dos dados de vazão média anual pela área de drenagem da estação fluviométrica (Ermenegildo et al., 2012). Pode ser obtida através da seguinte equação:

$$Q_m = \frac{\bar{Q}}{A_i}$$

Onde Q_m é a vazão específica média de longa duração $\text{Ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$, $\bar{Q}$ é a vazão média anual em Ls^{-1} e A_i é a área de drenagem da estação em Km^2 .

3.6 Regressão Linear

Para esse procedimento foram utilizados dados diários coletados das séries históricas das estações pluviométricas e fluviométricas estudadas, e posteriormente calculadas as médias mensais e anuais.

As variáveis das equações a seguir podem ser interpretadas como:

- **y**: valores previstos, que queremos fazer uma previsão sobre ele(s);
- **x**: variável independente;
- **α**: indica o valor de “y”, quando “x” for igual a zero;
- **β**: variável que determina inclinação da reta, ela determina se a relação entre as variáveis é relevante.

O beta (β) e o alfa (α) podem ser obtidos seguindo as equações:

$$\beta = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}$$

$$\alpha = \frac{\sum y_i - \beta \sum x_i}{n}$$

Onde n é a quantidade de dados em uma amostra.

Em seguida é calculado a *reta* e a *Soma dos Quadrados dos Desvios (SQD)* da reta. Obtidos com as seguintes equações:

$$\text{reta} = \alpha + \beta * x$$

$$\text{SQD} = (\text{reta} - \sum \text{reta})^2$$

Por fim, é calculado o *r*, que mostra quanto o modelo é capaz de explicar os dados. Ele é obtido através da equação:

$$r = \frac{\sum (\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum y^2 - n(\bar{y})^2}$$

Onde $\hat{y}$ é o valor estimado pelo modelo da reta de ajuste, $\bar{y}$ é a média dos valores estimados pelo modelo, n é a quantidade de dados na amostra.

Para a análise, foram utilizados dados anuais de vazão (m^3) e precipitação(mm).

4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados da pesquisa, incluindo as etapas de análise geoambiental, e estatístico aplicado a hidrologia na bacia hidrográfica do rio Pajeú. Os principais Bancos de Dados usados no trabalho e os procedimentos para realização da pesquisa, além da descrição de algumas características importantes para uso serão expostos a seguir.

4.1 Banco de Dados Georreferenciados e Produtos Cartográficos Digitais

O SNIRH – Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos, gerido pela ANA é uma das ferramentas da Política Nacional de Recursos Hídricos. Onde é possível obter arquivos shapefiles das divisões de bacias em ottobacias com muitos dados alfanuméricos integrados aos mapas, possibilitando análises mais eficientes dos mapas hidrográficos. A partir da divisão dos limites da bacia encontrada neste sistema pôde-se usá-lo como base para os recortes e interseções de todos os temas dos mapas do trabalho.

No Banco de dados do SIG-CPRM, foi acessado o GeoSGB, usado para a visualização de dados permitindo a edição de temas, mudança de escala, coordenadas e etc. Ocorrendo a visualização inicial de temas como geologia, hidrogeologia e geodiversidade na área da bacia e para obter informações, interpretações para posteriores aquisições.

Também foi acessado o SIAGAS - Sistema de Informação de Águas Subterrâneas, um SIG para dar suporte ao gerenciamento de águas subterrâneas, composto de modelo de dados padrão, fazendo comunicação entre base de dados internas e externas. Outros SIGs foram utilizados, em diversas atividades, como visualização, edição e armazenamento de Shapefile.

4.2 Hidrografia

O rio Pajeú nasce no município de Brejinho e percorre uma extensão de aproximadamente 353 km. Inicialmente apresenta sentido nordeste-sudoeste, até desaguar no lago de Itaparica, no rio São Francisco.

Seu regime fluvial é intermitente e, ao longo do seu curso, margeia as cidades de Itapetim, Tuparetama, Ingazeira, Afogados da Ingazeira, Carnaíba, Flores, Calumbi, Serra Talhada e Floresta. Seus afluentes principais são: pela margem direita, os riachos Tigre, Barreira, Brejo, São Cristóvão e Belém; e, pela margem esquerda, os riachos do Cedro, Quixabá, São Domingos, Poço Negro e do Navio. As figuras 7 e 8 abaixo mostram imagens de satélite do início e do fim do percurso do rio Pajeú.

Figura 7 - Nascente rio Pajeú.



Figura 8 - Foz rio Pajeú.

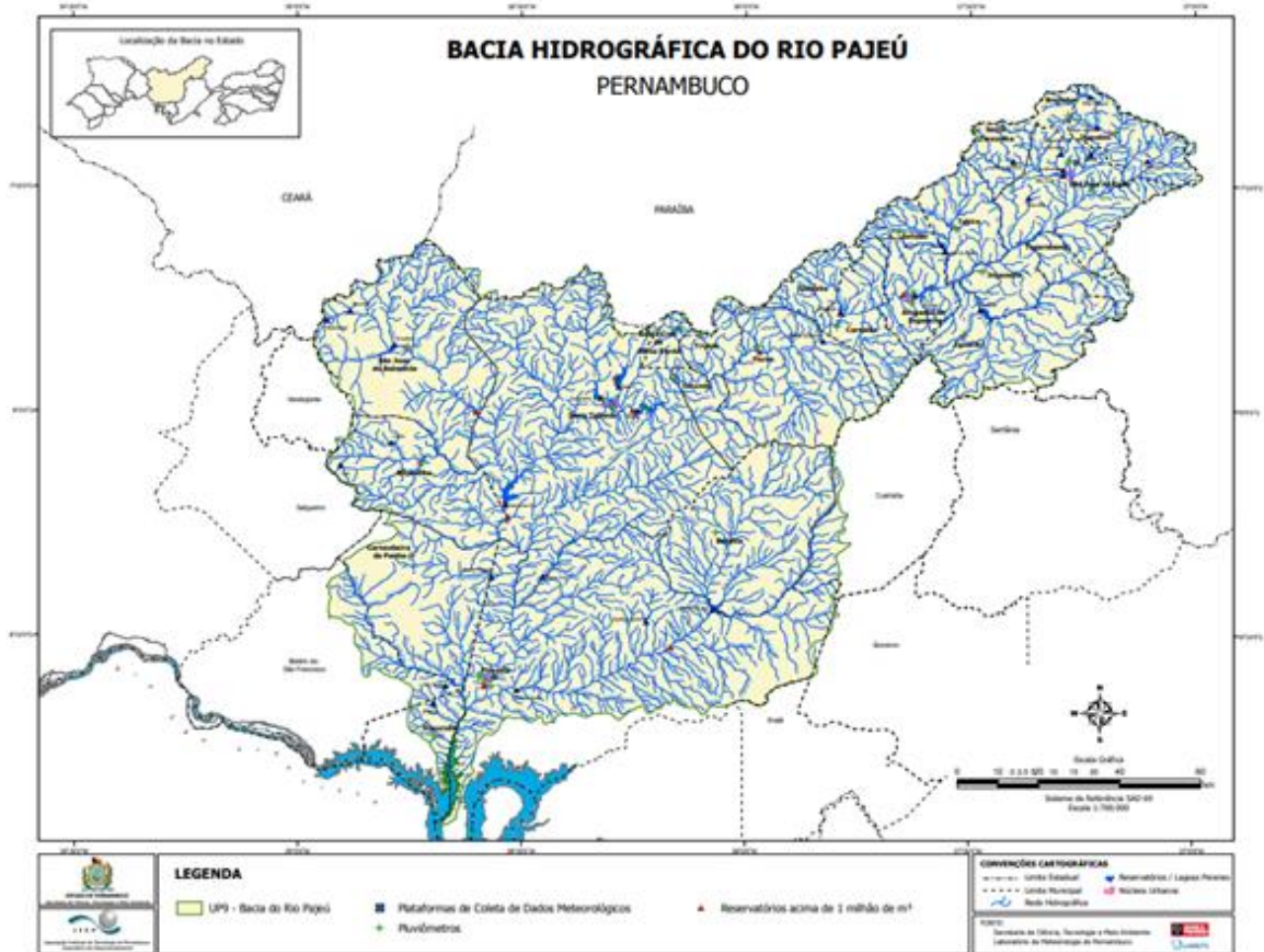


Fonte: EMBRAPA - Projeto Brasil Visto do Espaço, Imagem Landsat 7, 2021

Ainda em alto curso o canal faz uma curva acentuada com direção sudoeste até a sua foz no rio São Francisco na divisa Bahia – Pernambuco. O deságue acontece nas proximidades da praia do Dzurubabé, território indígena do povo Tuxá, na cidade de Rodelas na Bahia, no lago de Itaparica, criado pela hidrelétrica de Luiz Gonzaga.

Como se trata de uma região semiárida a área de drenagem, é pouco densa (INSA, 2022). A maior densidade de drenagem ocorre na área sudoeste da bacia, na região de Serra Talhada. A figura 9 abaixo representa a hidrografia da bacia do rio Pajeú.

Figura 9 – Corpos D'água Bacia hidrográfica do rio Pajeú.



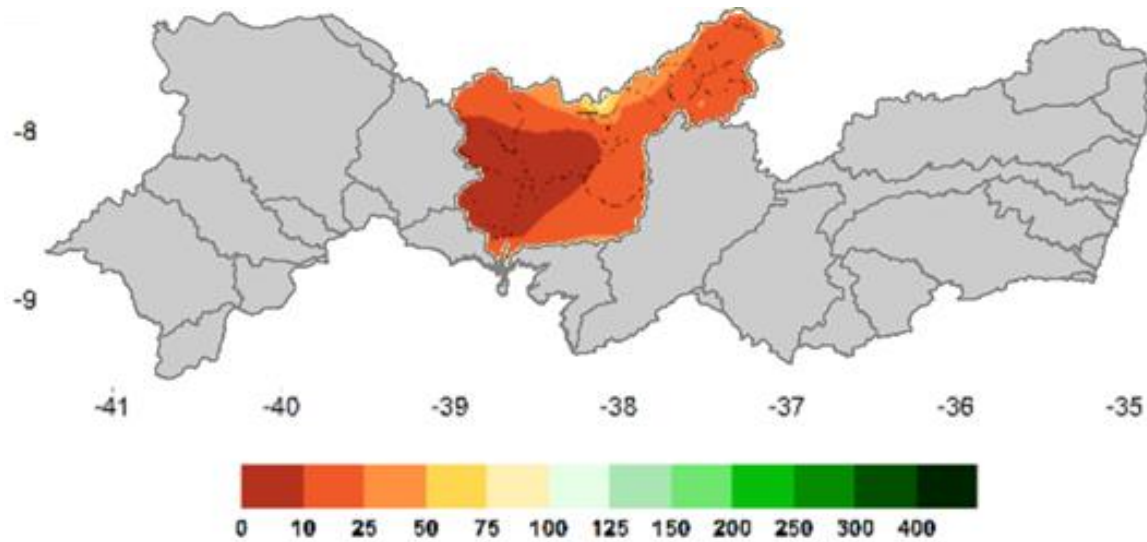
Fonte: SIRH, 2021

A bacia do rio Pajeú possui 16.686 Km², sendo a maior bacia do Estado de Pernambuco, correspondendo a 16,97% da área do Estado. A área de drenagem da bacia envolve 27 municípios dos quais 7 possuem suas sedes inseridas na bacia (Carnaíba, Carnaubeira da Penha, Floresta, Igaraci, Itacuruba, Mirandiba e São José do Belmonte) (APAC, 2021).

4.3 Clima

Caracterizada como região semiárida do tipo BSh (semiárido, quente e seco), tendo a Caatinga como vegetação natural da bacia, um tipo de vegetação sazonalmente seca e com muitas espécies endêmicas. A imagem abaixo mostra o mapa do estado de Pernambuco com destaque climatológico para região da bacia hidrográfica do rio Pajeú. É possível perceber na imagem que a média de precipitação no período de julho a setembro de 2021 são as mais baixas, ficando entre 0 e 25 mm.

Figura 10 – Precipitação média climatológica - bacia hidrográfica do rio Pajeú de jul-set 2021

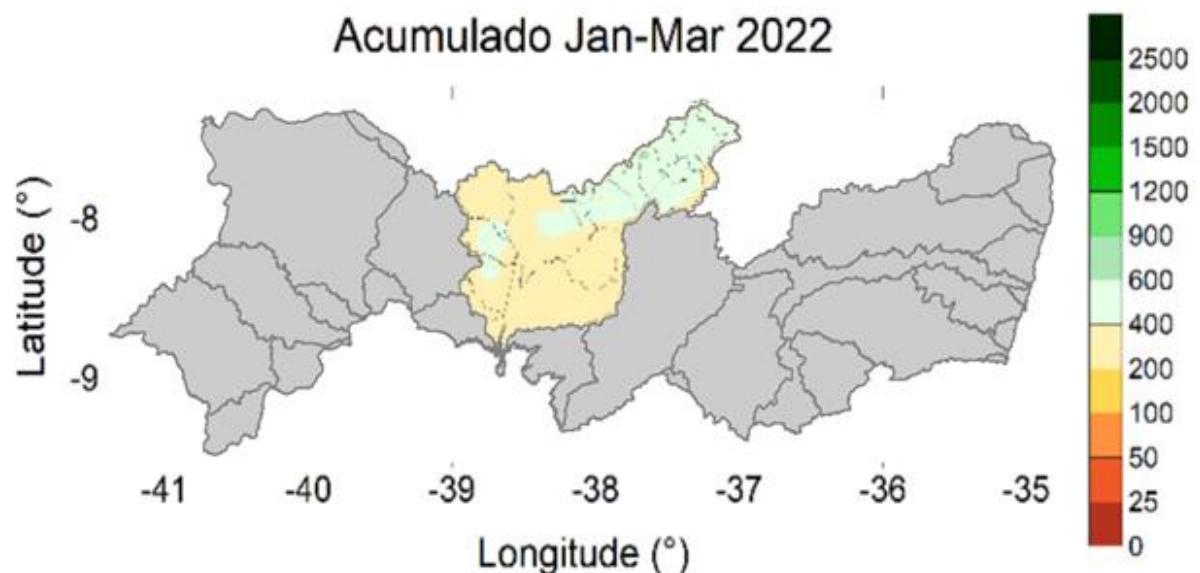


Fonte: adaptado de APAC, 2022

4.4 Precipitações

Tem precipitação variando de 1207 mm ao norte e 467 mm ao sul da bacia com uma média anual de 658 mm, tendo maior concentração entre os meses de dezembro e março (verão) e o restante do ano em estação seca (SALGUEIRO e MONTENEGRO, 2008). A região norte da bacia tem uma média de temperatura do ar de 20 °C e precipitação média de 1207 mm por ano, já a região sul apresenta 26,2 °C e 467 mm, com altitude variando entre 900 metros a 350 metros.

Figura 11 - Precipitação da bacia hidrográfica do rio Pajeú no período de jan-mar 2022

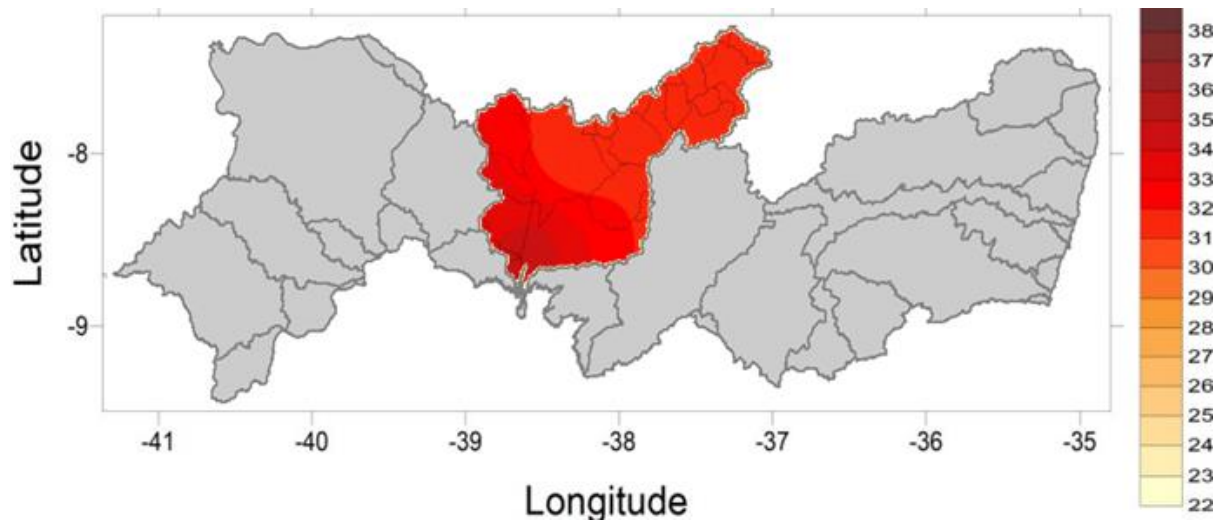


Fonte: adaptado de APAC, 2022

4.5 Temperatura

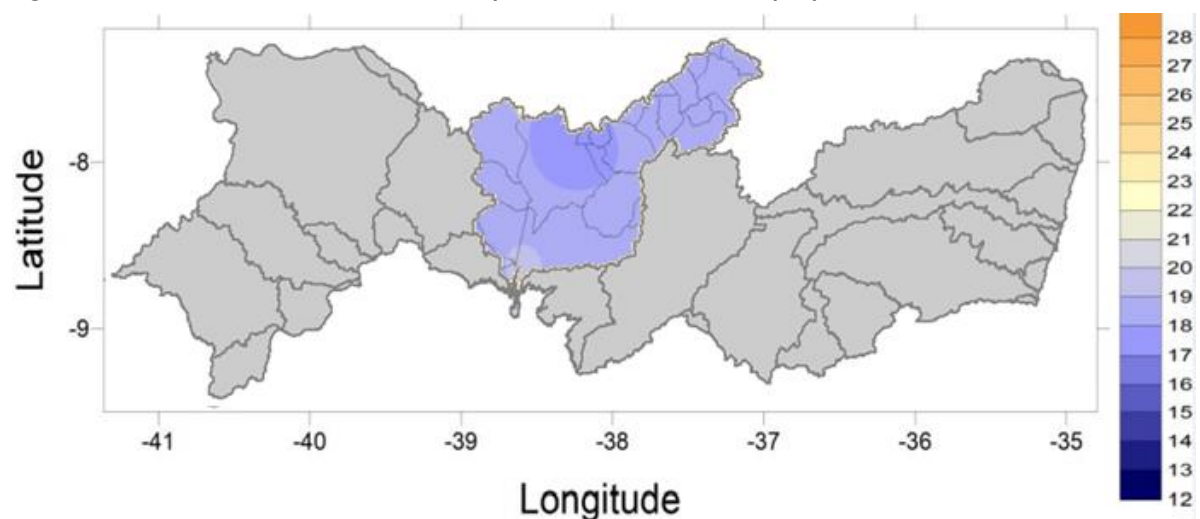
Possui predominantemente temperaturas elevadas. A temperatura média máxima é de 30°C e média mínima de 19°C. Os valores mais baixos são encontrados na região do norte da bacia, também com precipitação elevada, já a região sul da bacia apresenta temperaturas mais elevadas, e uma precipitação menor. Além disso, apresenta umidade média 45%, e ventos moderados.

Figura 12 – Média mensal das temperaturas máximas (°C) em maio de 2021.



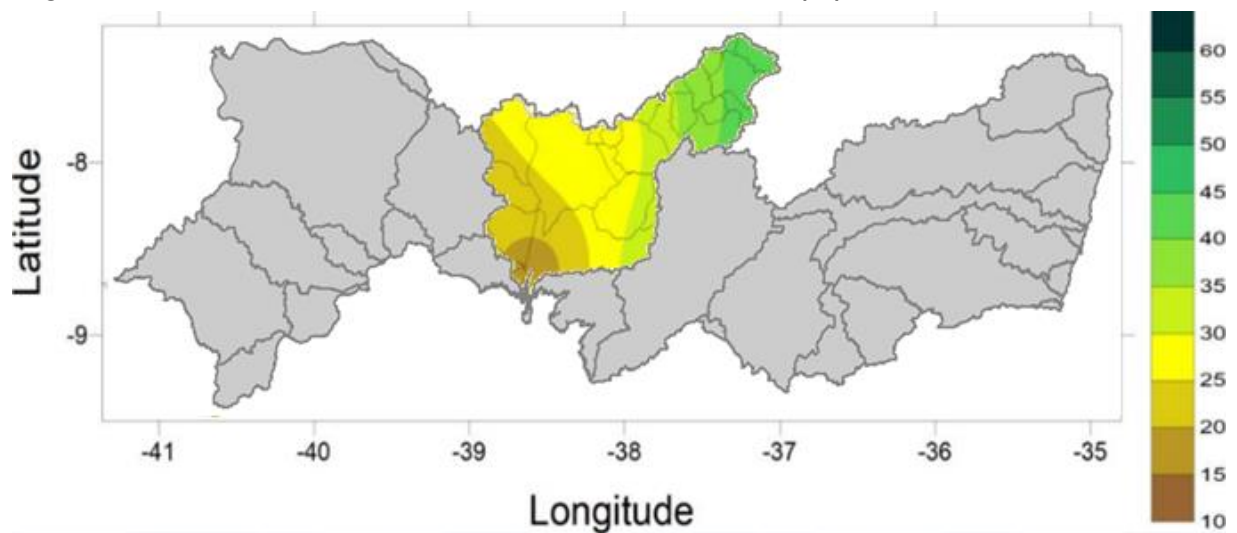
Fonte: adaptado de APAC, 2022

Figura 13 – Média mensal das temperaturas mínimas (°C) em abril de 2021.



Fonte: adaptado de APAC, 2022

Figura 14 – Média mensal da umidade relativa mínima (%) em abril de 2021.



Fonte: adaptado de APAC, 2022

4.6 Geologia

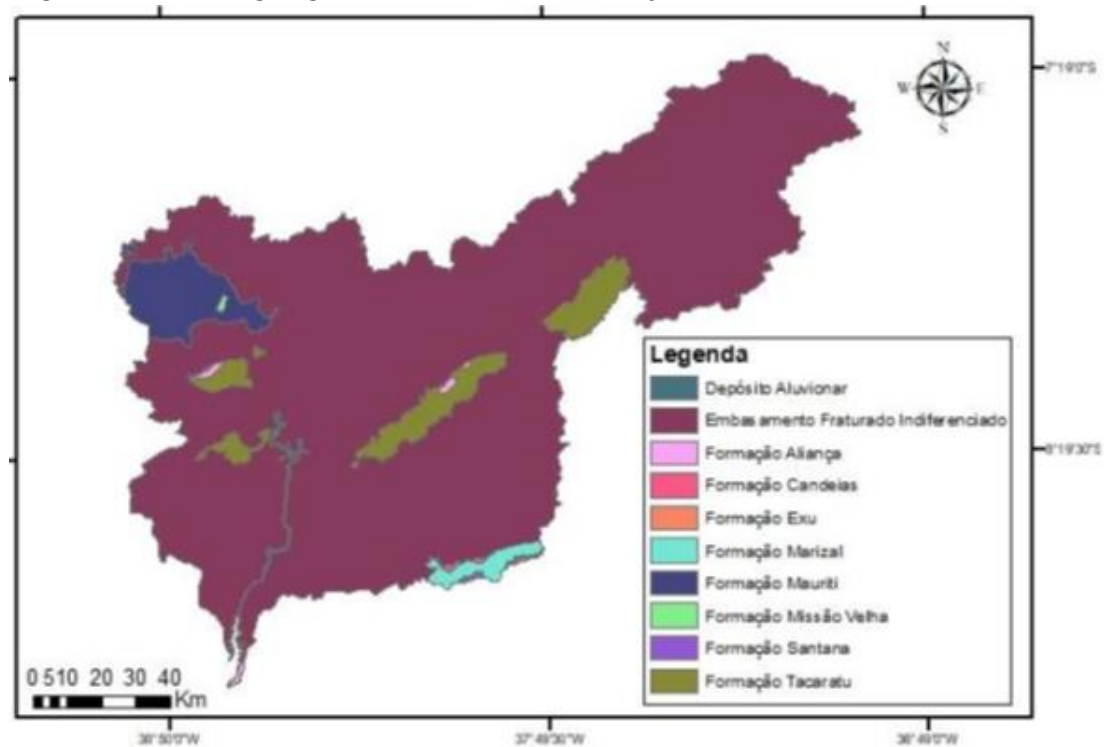
4.6.1 Hidrogeologia

Segundo Beltrão et al., (2005), mais de 80% da Bacia Hidrográfica do rio Pajeú é composta por diversos tipos líticos cristalinos, a bacia está inserida no domínio de rochas cristalinas e cristalofilianas do embasamento Pré-Cambriano nordestino; os depósitos de bacia sedimentar ocupam aproximadamente 12% da área da bacia, o restante é ocupado pelos depósitos recentes, principalmente aluviais, como ilustra a Figura 15.

Da formação sedimentar a mais antiga é a Tacaratú, com idade Siluro-Devoniana, é formada por arenitos grosseiros com níveis de caulim e leitos conglomeráticos; da idade Cretáceo Inferior tem a formação Candeias, é representada por arenitos, folhelhos, siltitos e níveis de calcário; a formação Marizal, é constituída de arenitos, folhelhos, siltitos e conglomerado; grupo Araripe, é representado pelas formações Santana - calcário, marga e folhelhos; a formação Aliança, de idade Jurássica, é formada por folhelhos e argilitos com intercalações de arenitos e níveis

de calcário; a formação Exu - arenitos argilosos finos a médios, com intercalações de arenitos grosseiros a conglomeráticos (GOMES et al., 2001).

Figura 15 - Hidrogeografia da bacia do rio Pajeú



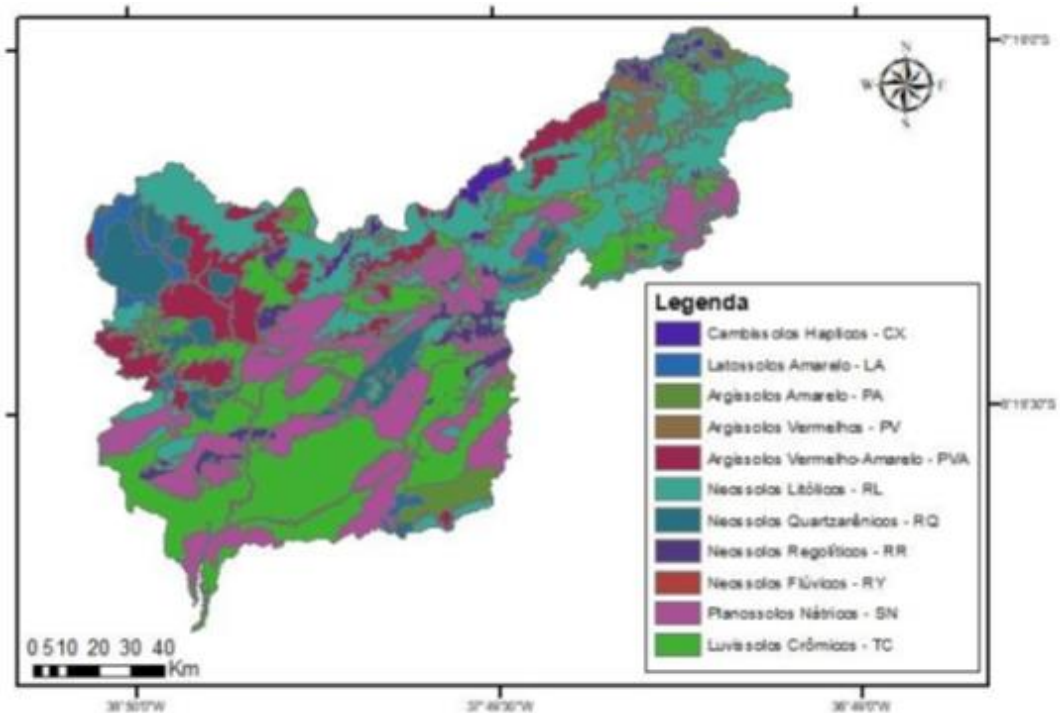
Fonte: adaptado de Moreira et al. (2017)

4.6.2 Solo

Segundo ASSAD e SANO (1998) os solos são formados na interação entre litosfera, atmosfera, biosfera e exercem função fundamental nas atividades desenvolvidas pelos humanos.

A bacia do rio Pajeú tem cerca de 50% de sua superfície coberta pelas classes: Luvisolos e Neossolos, principalmente na área central. No limite norte apresenta em menor proporção as classes Latossolos e Cambissolos.

Figura 16 - Solos da bacia do rio Pajeú



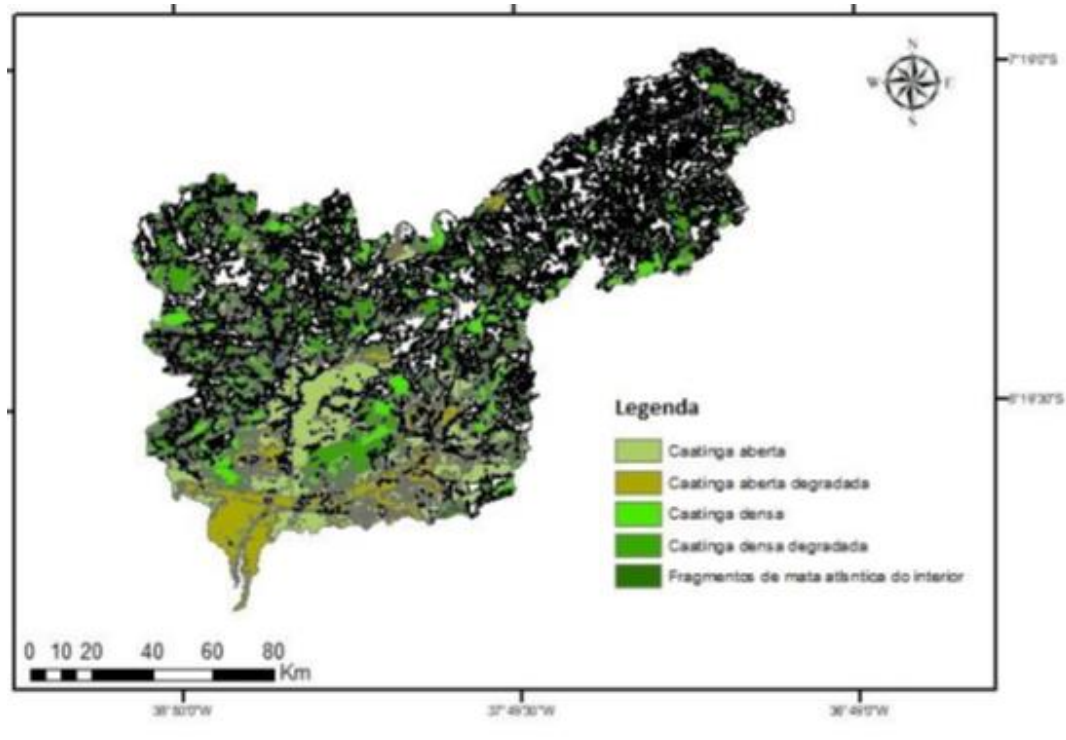
Fonte: Adaptado de CPRM (2001).

4.6.3 Vegetação da Bacia do Rio Pajeú

A caatinga é a vegetação predominante na bacia do rio Pajeú, segundo Ribeiro et al., (2016) este bioma é o unicamente brasileiro e tem uma área de 734.478 km², cerca de 10% do território nacional. A Caatinga possui uma vegetação bastante viva e heterogênea, isso ocorre devido aos diferentes padrões de precipitação e solo.

Existem diferentes formas que ela se apresenta, podendo variar entre herbácea, arbustiva ou arbórea, aberta ou densa, a exemplo do Licuri (*Syagrus Coronata*), e cactáceas como xique-xique (*Pilocereus Gounellei*), coroa de frade (*Melanocactus Brasiliensis*), mandacaru (*Cereus Jamacaru*) e o facheiro (*Pilocereus* sp).

Figura. 17. Vegetação da bacia do rio Pajeú

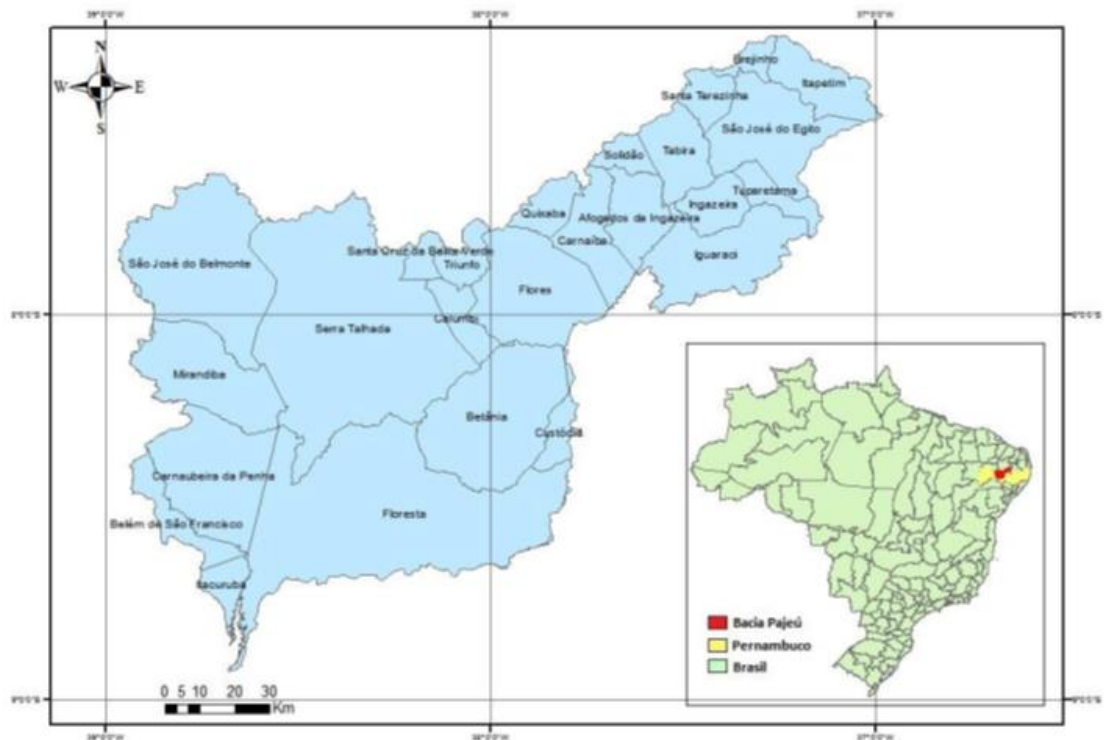


Fonte: Adaptado de CPRM (2001).

4.7 Condicionantes Sociais da Bacia do Rio Pajeú

A bacia do rio Pajeú drena municípios de 4 diferentes regiões administrativas (RD Sertão do Pajeú, RD Sertão do Moxotó, RD Sertão Central, RD Itaparica), mas a maior parte está na região de desenvolvimento do sertão do Pajeú. A população estimada da bacia é de 385 mil habitantes, sendo 240 mil na área urbana, e 145 mil em área rural. A área de drenagem da bacia envolve 27 municípios dos quais 7 possuem suas sedes inseridas na bacia. Sendo Belém de São Francisco um dos poucos municípios parcialmente inseridos na bacia.

Figura 18 - Mapa dos municípios inseridos na bacia do rio Pajeú



Fonte: APAC, 2021

Os reservatórios também são elementos fundamentais na estrutura das bacias hidrográficas, e tem influência direta na formação socioeconômica, ambiental e cultural da região, já que eles armazenam a água, liberando ou não esse recurso para o abastecimento a jusante do rio. Segundo Cirilo et al. (2010), a mudança dos processos hidrológicos na região semiárida pode trazer muitos danos para as comunidades que vivem nesse entorno. A figura 19 mostra o curso das águas da bacia do rio Pajeú e a localização dos núcleos urbanos.

Figura 19 – Curso das águas da bacia do rio Pajeú e a núcleos urbanos.



Fonte: APAC, 2022

A bacia do rio Pajeú possui pouco mais de trinta reservatórios, desses, cerca de 2/3 é utilizado para abastecimento, sendo quinze destinados apenas para abastecimento humano, quatro exclusivamente para irrigação, e sete que atendem tanto o abastecimento humano como a irrigação (APAC, 2022).

A tabela 3 abaixo nos mostra um recorte do monitoramento dos reservatórios da bacia do rio Pajeú.

Tabela 3 - Monitoramento dos Reservatórios Bacia do rio Pajeú

Reservatório	Município	Capacidade Máxima (10 ³ m ³)	Cota (m)	Volume (10 ³ m ³)	Volume (%)	Situação	Principal Uso
Serrinha II	Serra Talhada	311,08	393,26	242,67	78	Bom	Irrigação
Barra do Juá	Floresta	71.474	395,07	11.034	15,4	Preocupante	Irrigação
Boa Vista	Itapetim	1.632	86,32	416	25,5	Preocupante	Abastecimento
Brotas	Afogado da Ingazeira	19.640	527,15	12.258	62,4	Regular	Abastecimento/Irrigação
Quebra Unha	Floresta	3.190	103.38	184	5,8	Colapso	Abastecimento/Irrigação
Serrinha/Serraria	Brejinho	1.257	80,87	53	4,2	Colapso	Abastecimento
Arrodeio	São José do Belmonte	14.522	3	704	4,8	Colapso	Abastecimento

Fonte: adaptado APAC (2022)

É possível observar que os três reservatórios que estão em colapso são de regiões diferentes da bacia. Um encontra-se próximo da nascente do rio Pajeú, é o reservatório de Serrinha/Serraria na cidade de Brejinho, o outro é o reservatório de Arrodeio no oeste da bacia, na cidade de São José do Belmonte, e por fim o reservatório de Quebra Unha, nas proximidades da foz do rio Pajeú na cidade de Floresta. Esses três reservatórios são utilizados para abastecimento humano, sendo apenas o reservatório de Quebra Unha com utilização também para irrigação.

4.8 Resultados Estatísticos

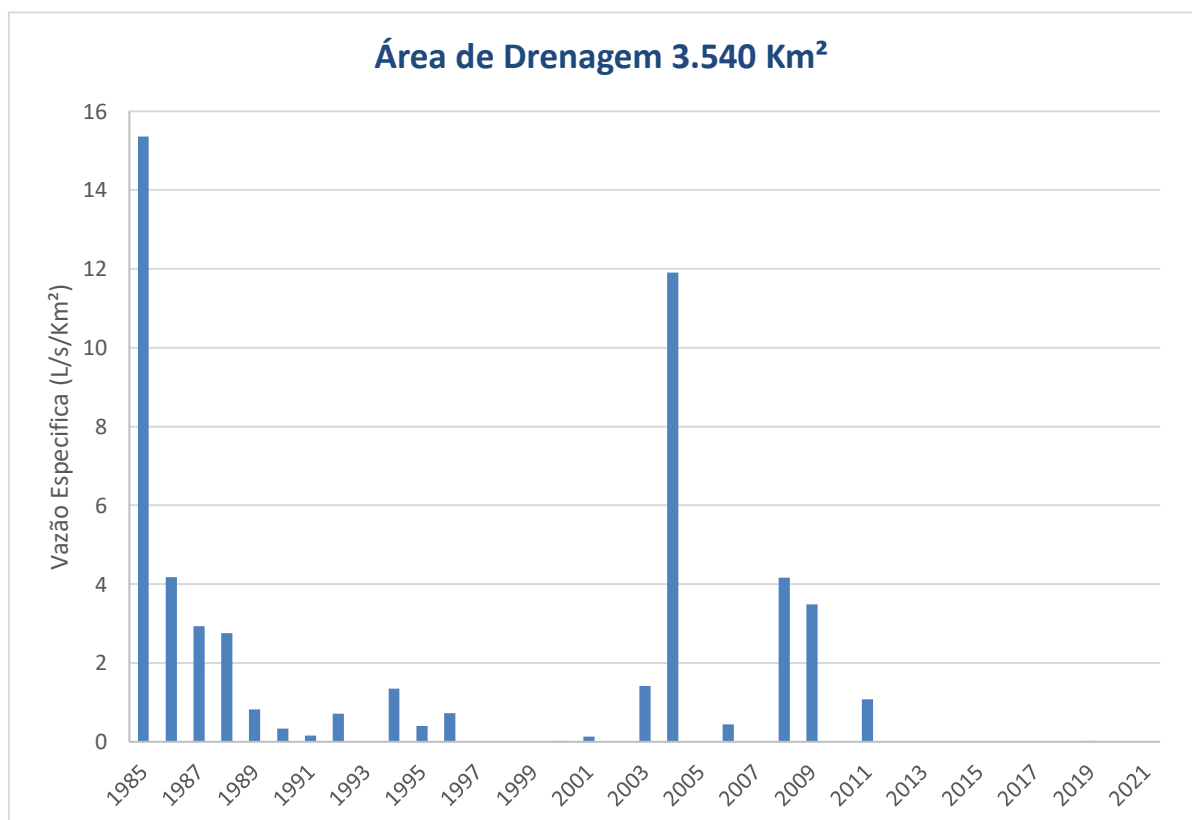
A seguir serão analisados a Vazão Específica e a Curva de Permanência para cada estação analisada. Os dados adquiridos com o cálculo da vazão específica

evidenciam a espacialização da vazão no período considerado para o estudo. A análise da curva de permanência possibilita entender o comportamento da bacia na região da estação, e posteriormente da bacia como um todo.

4.8.1 Estação Fluviométrica – Afogados da Ingazeira-PE

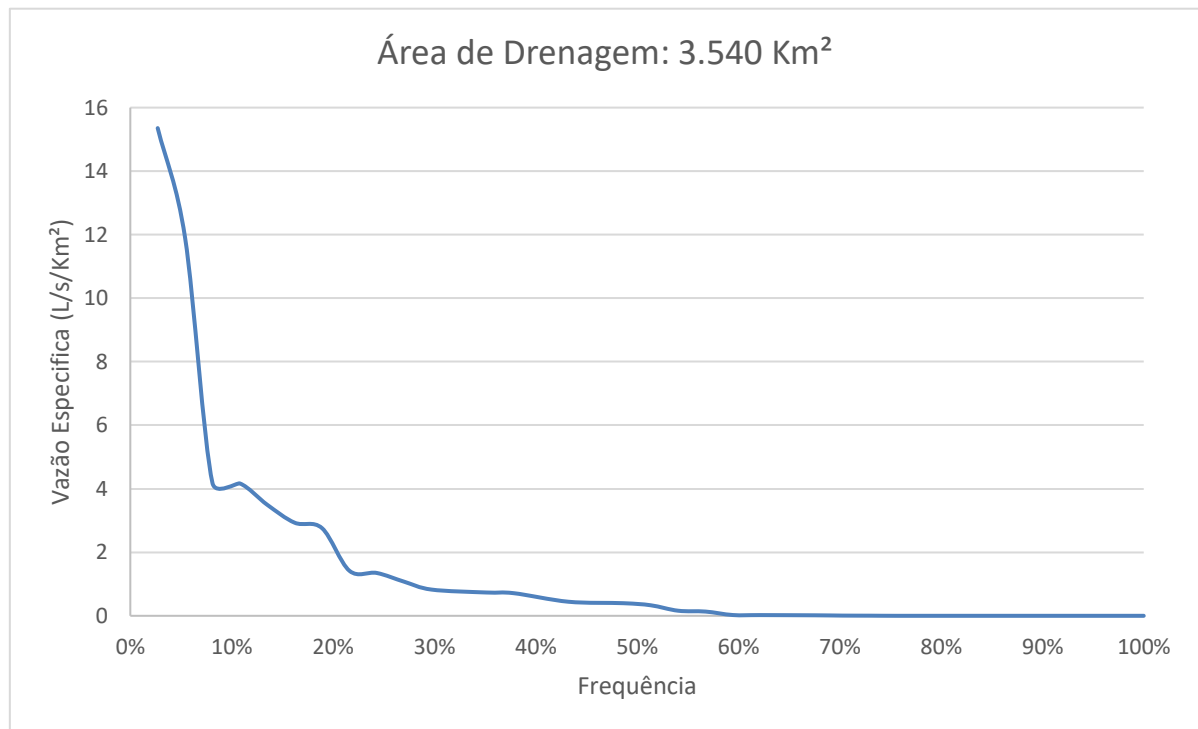
A estação com código 48820000 - Afogados da Ingazeira-PE, que está no alto Pajeú, possui área de drenagem de 3.540 km², a segunda maior área das estações estudadas. A vazão específica em quase todo o período analisado fica abaixo dos 2 l/s anuais, tendo um pico no ano de 1985, chegando próximo de 16 l/s, ano onde começaram a ser feita as medições. A vazão seguiu acima de 2 l/s até o ano de 1989, após esse período percebemos dois picos menores, um no ano de 2004 e o outro no ano 2008, com 11 l/s e 4 l/s respectivamente. De 2013 em diante a vazão permaneceu com níveis muito baixos, próximos de zero. O gráfico 1 abaixo mostra vazão específica registrada nessa estação ao longo dos anos.

Gráfico 1. Vazão específica para a estação Afogados da Ingazeira-PE.



Fonte: Autor, 2022

Gráfico 2. Curva de Permanência estação Afogados da Ingazeira-PE.



Fonte: Autor, 2022

Observando a curva de permanência da estação de Afogados da Ingazeira-PE percebemos que 60% do período analisado a vazão específica encontra-se em zero ou muito próximo de zero. A probabilidade de uma vazão acima de 2 l/s está entre 10% e 20%, e a probabilidade do pico histórico do ano de 1985 acontecer novamente é 3%.

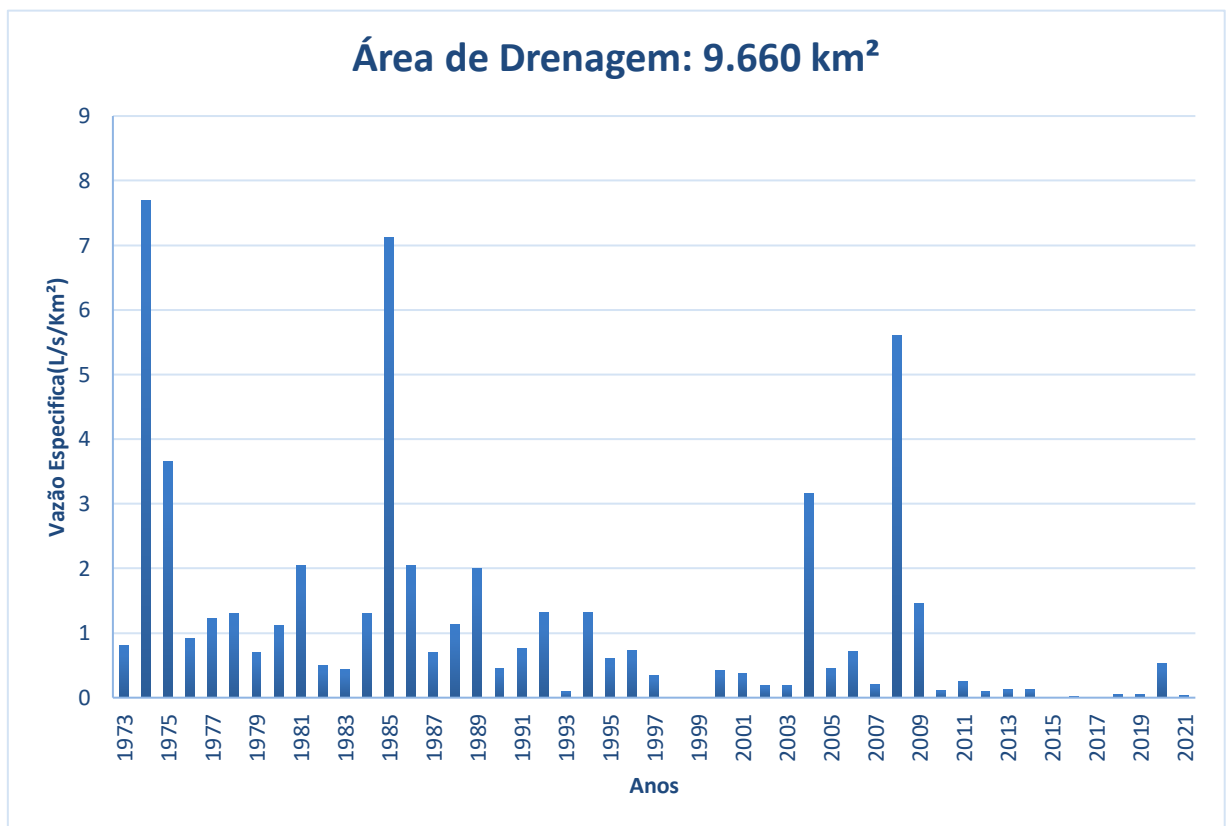
Próximo à estação de Afogado da Ingazeira está o reservatório de Brotas, que se encontra com 62,4% do seu volume, esse reservatório não influencia diretamente na vazão dessa estação fluviométrica. A barragem Brotas tem grande importância na região, ela é utilizada para abastecimento, irrigação, e outros usos (APAC, 2022).

4.8.2 Estação Fluviométrica – Açude Serrinha

No médio Pajeú foi feito a analisado a estação Nº 48850000 – Açude Serrinha, localizado na cidade de Serra Talhada-PE. Essa estação tem a maior área de drenagem entre as estações da bacia do rio Pajeú, são 9.660 Km².

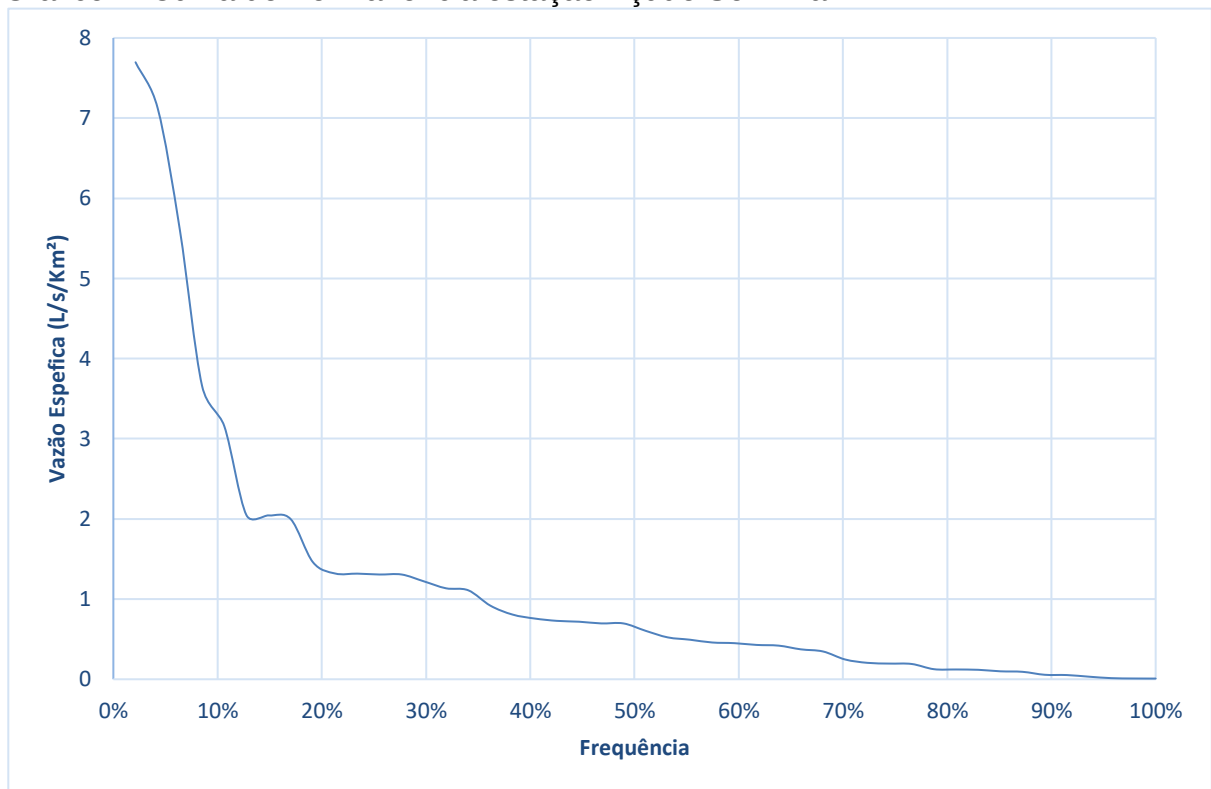
A estação apresenta vários picos de vazão específica, sendo no ano de 1974 o maior, chegando à vazão de 7,697 l/s, seguido de 7,122 l/s no de 1985, 5,602 l/s no de 2008, e no ano de 2004 apresentou 3,158 l/s, todas as demais vazões se encontram abaixo de 2 l/s, e a partir do ano de 2010 as vazões foram menores ainda ficando abaixo de 1 l/s, em alguns casos muito próximo de zero. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2000) a média da vazão específica para bacias e sub-bacias do nordeste fica em torno de 2,81 l/s/km², ou seja, a estação apresenta média inferior ao que é visto em outras localidades do Nordeste.

Gráfico 3. Vazão específica para a estação Açude Serrinha-PE.



Fonte: Autor, 2022

Gráfico 4. Curva de Permanência estação Açude Serrinha-PE.



Fonte: Autor, 2022

Analisando a curva de permanência da estação do Açude Serrinha notamos que em quase 40% do tempo as vazões específicas se encontram abaixo e 1 l/s, e em 90% do tempo é quase igualada a zero. Tem uma probabilidade de cerca de 15% para que a vazão alcance 2 l/s, 10% para que a vazão chegue a 3 l/s, e 3% para que a vazão alcance pico acima de 7 l/s.

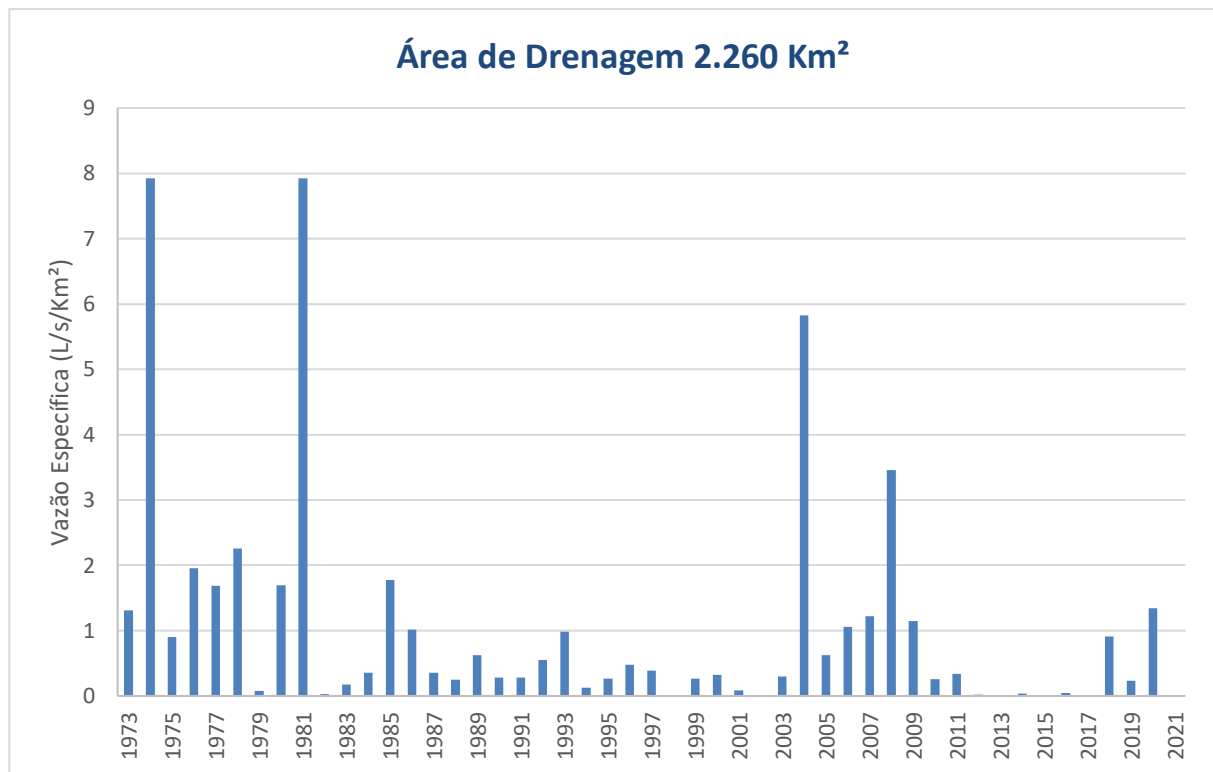
4.8.3 Estação Fluviométrica – Ilha Grande

A próxima estação estudada é a Nº 48880000 – Ilha Grande no baixo Pajeú, localizada na cidade de Floresta-PE, tem a menor área de drenagem entre as estações da bacia do rio Pajeú estudadas, com área de 2.260 Km².

As vazões da estação – Ilha Grande apresentam comportamento bem similar a estação – Açude Serrinha. O gráfico 5, das vazões específicas da estação de Ilha Grande, mostra dois grandes picos de vazão específica, a primeira de 7,926 l/s no de 1974, e a segunda no ano de 1981 de 7,920 l/s.

Após esses dois picos podemos notar um longo período entre 1982 e 2002, foram 20 anos com a vazão abaixo de 1 l/s, salvo no ano de 1985 quando a vazão específica foi de 1,772 l/s. Em 2004 e 2008 a estação teve mais dois picos de vazão específica de maior intensidade, foram 5,824 l/s e 3,455 respectivamente. O gráfico 5 abaixo mostra vazão específica registrada nessa estação ao longo dos anos.

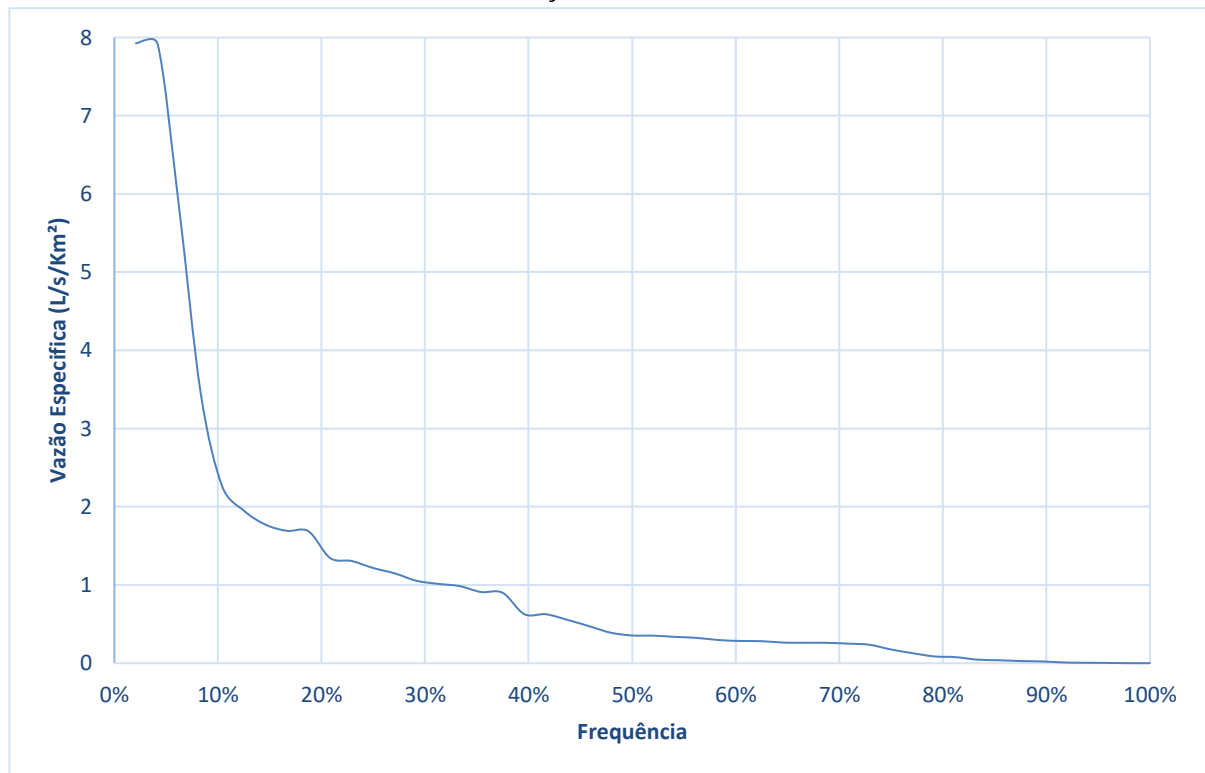
Gráfico 5. Vazão específica para a estação Ilha Grande-PE.



Fonte: Autor, 2022

Também é possível notar que entre os anos de 2010 a 2017 há uma baixa muito grande da vazão, chegando bem próximo de zero. Após esse período a vazão específica começa a aumentar

Gráfico 6. Curva de Permanência estação Ilha Grande-PE.



Fonte: Autor, 2022

As estações Ilha Grande e Açude Serrinha apresentam comportamento bem parecido, logo, ocorre uma similaridade também na curva de permanência.

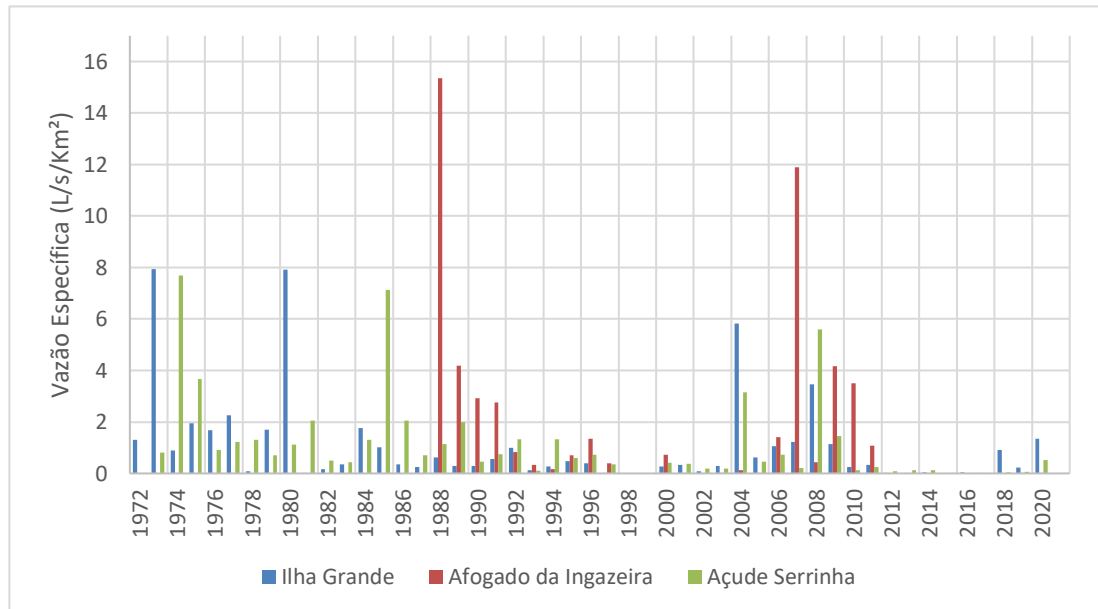
Fazendo análise da curva de permanência para estação da Ilha Grande percebemos a probabilidade de 30% para vazões iguais a 1 l/s. Para vazões específicas de 2 l/s a probabilidade de que se repita é apenas de 10%, para uma vazão de 7 l/s a probabilidade é de 6%, e para alcançar o pico histórico de 8 l/s a probabilidade é de 4%.

Segundo Soares et al. (2018), os volumes anuais de precipitação ainda estão diminuindo, os episódios de seca estão se tornando mais severos e está havendo uma tendência de mudança de categoria do clima semiárido para o árido em toda porção da bacia do Pajeú, influenciando todos os reservatórios da região.

4.8.4 Comparação entre as Estações Fluviométrica Estudadas

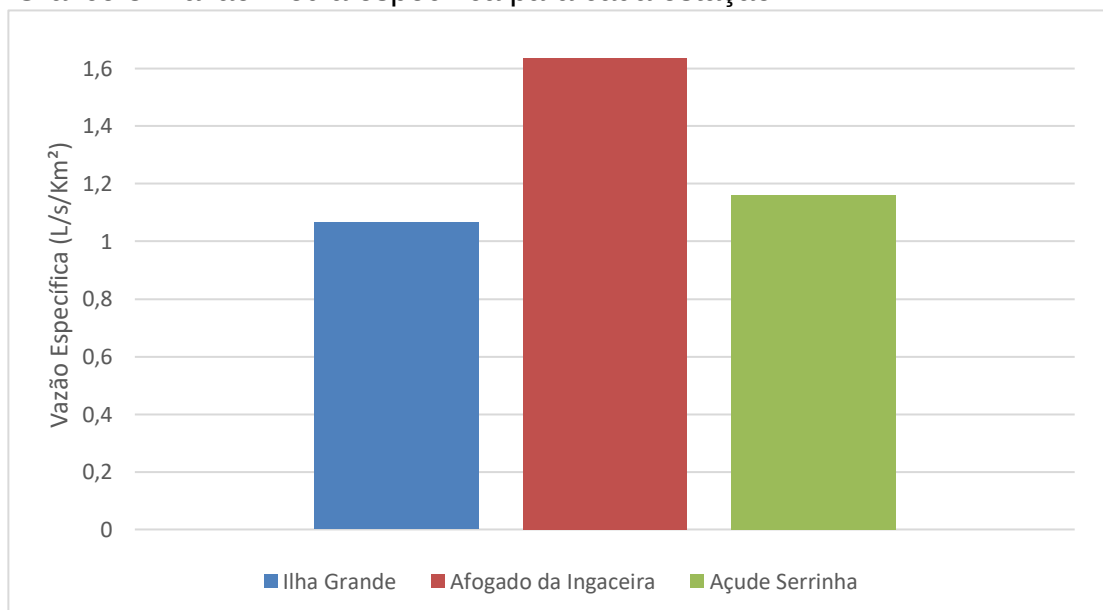
Para realizar comparação entre as estações fluviométricas, foi elaborado gráfico das séries de todas as estações. Os gráficos 7 e 8 abaixo mostram a comparação da vazão específica das três estações estudadas.

Gráfico 7. Comparação da vazão específica com todas as estações.



Fonte: Autor, 2022

Gráfico 8. Vazão média específica para cada estação.



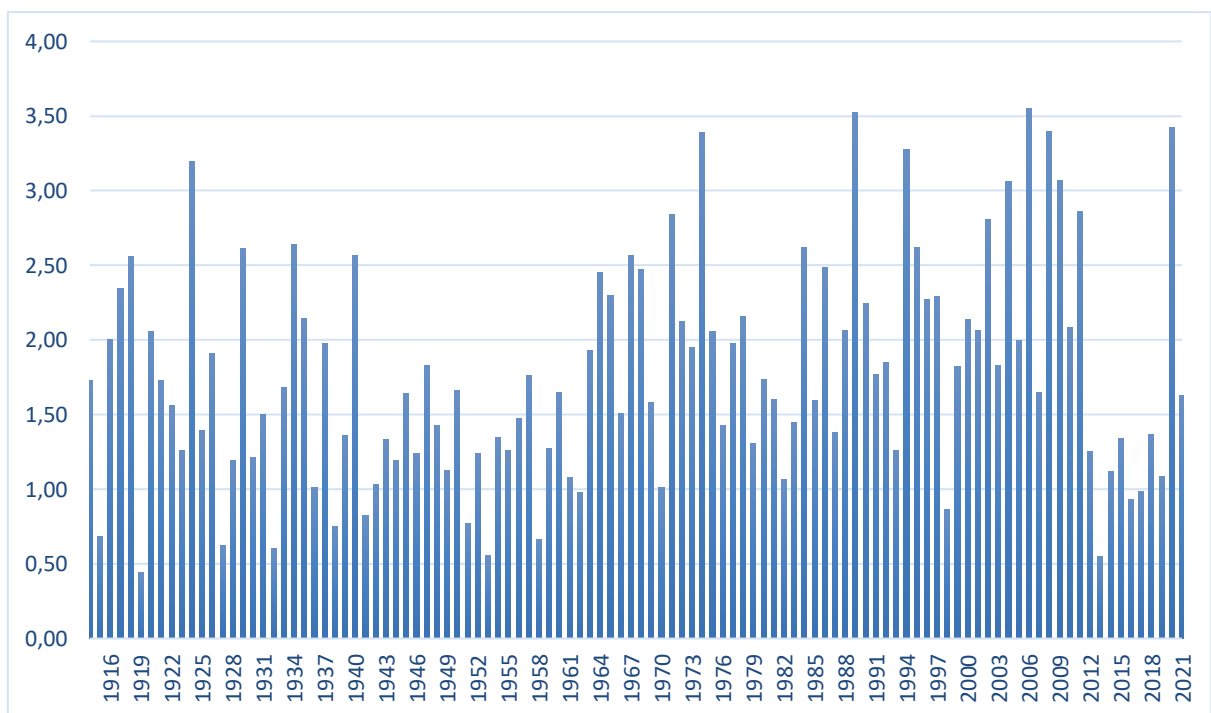
Fonte: Autor, 2022

É possível notar, com exceção dos picos de Afogados da Ingazeira, uma uniformidade das vazões específicas ao longo da série, o que mostra junto com os índices de vazões muito baixos, que o clima semiárido é determinante para a hidrografia da bacia do rio Pajeú. No gráfico 8 acima são visualizadas as médias das vazões específicas de cada uma das estações estudadas. É possível notar que as médias são muito semelhantes ficando entre 1 l/s e 1,6 l/s em todas as estações analisadas.

4.8.5 Estação Pluviométrica – Afogados da Ingazeira-PE

A estação com código nº 737023 – Afogados da Ingazeira – PE tem em grande parte da série uma precipitação entre 1mm e 1,5mm. Como pode ser visto no gráfico abaixo os maiores picos de precipitação ultrapassaram um pouco a marca de 3,5 mm. Percebe-se também que em muitos anos a precipitação ficou acima de 1,5 mm. Já acima de 2 mm são ocorrências bem mais esporádicas.

Gráfico 9 - Precipitação para a estação Afogados da Ingazeira-PE.

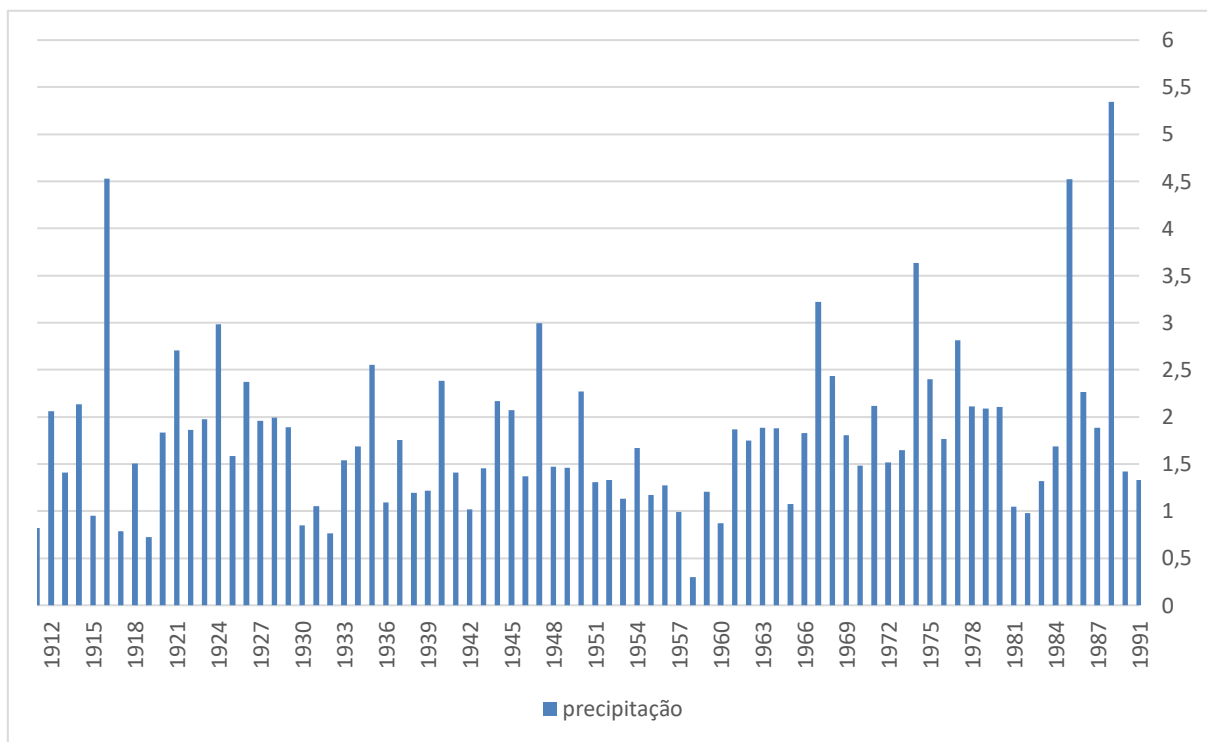


Fonte: Autor, 2022

4.8.6 Estação Pluviométrica – Serra Talhada-PE

A estação com Nº 738030 – Serra Talhada – PE também tem ao longo da série analisada uma precipitação entre 1mm e 1,5mm, tendo dois picos de 4,5mm um no ano de 1916 e outro no ano de 1985. O maior pico aconteceu no ano de 1988 ultrapassado a marca de 5mm.

Gráfico 10 - Precipitação para a estação Serra Talhada-PE.

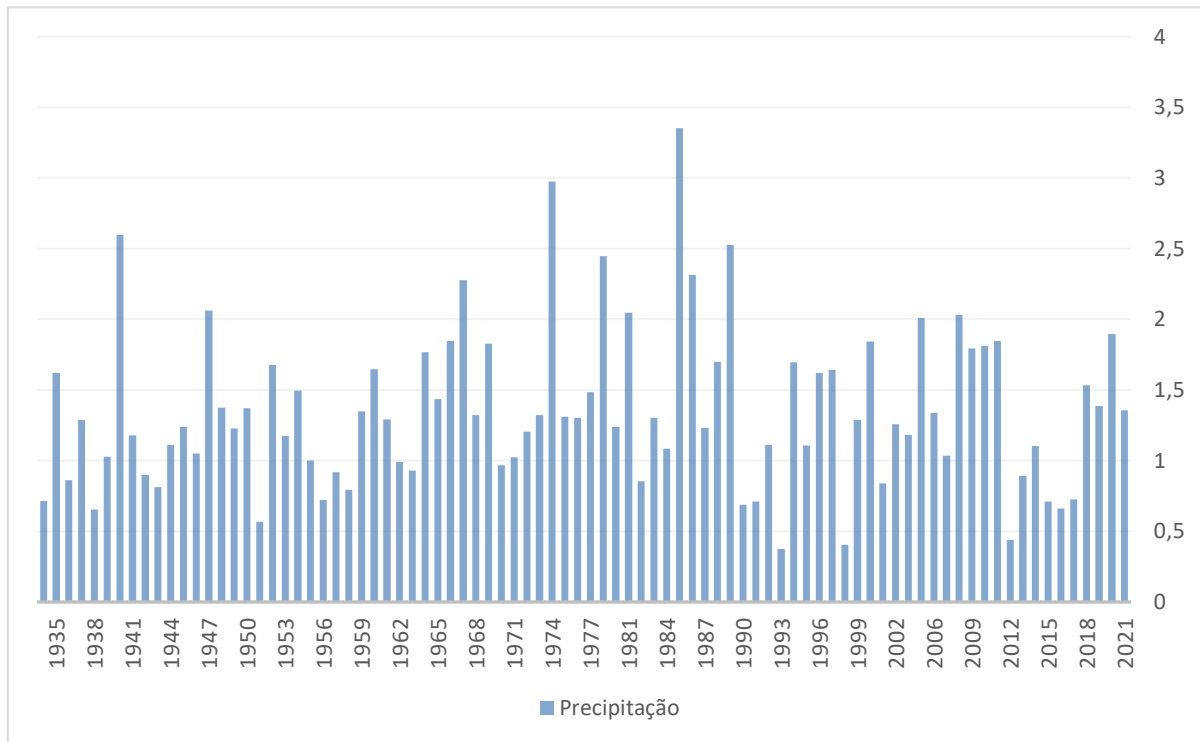


Fonte: Autor, 2022

4.8.7 Estação Pluviométrica – AIRI (rochedo)

A estação com Nº 838000 - AIRI (Rochedo) está localizada na cidade de Floresta – PE, como pode ser visto no gráfico abaixo na maioria dos anos a precipitação foi menor 1mm, três picos acima de 2,5mm nos anos de 1940, 1974 e 1989 respectivamente. O maior pico foi de 3,4mm no de 1985.

Gráfico 11 - Precipitação para a estação AIRI (Rochedo).



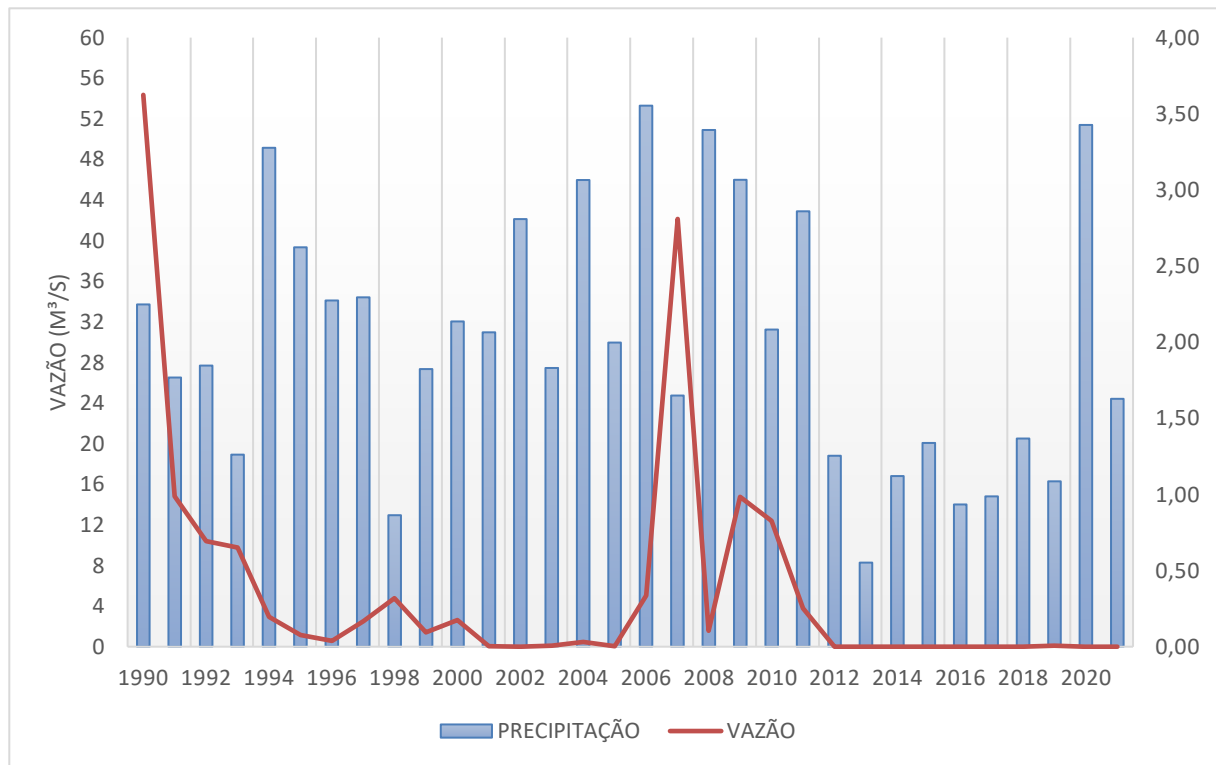
Fonte: Autor, 2022

A bacia hidrográfica do rio Pajeú tem um período de 4 meses de chuvas mais intensas e o restante do ano de seca, mas esse período de chuva não está sendo suficiente para deixar os níveis de água satisfatórios para o restante do ano (APAC, 2022).

4.8.8 Comparação entre as Estações Fluviométricas e Pluviométricas

Os gráficos de precipitação e vazão mostram que em todas as estações a precipitação manteve-se sempre muito baixa e constante. Os dados coletados nas estações Pluviométricas estudados serão expostos a seguir e comparados com as vazões específicas já apresentadas.

Gráfico 12. Comparação da vazão específica e precipitação Afogado da Ingazeira.

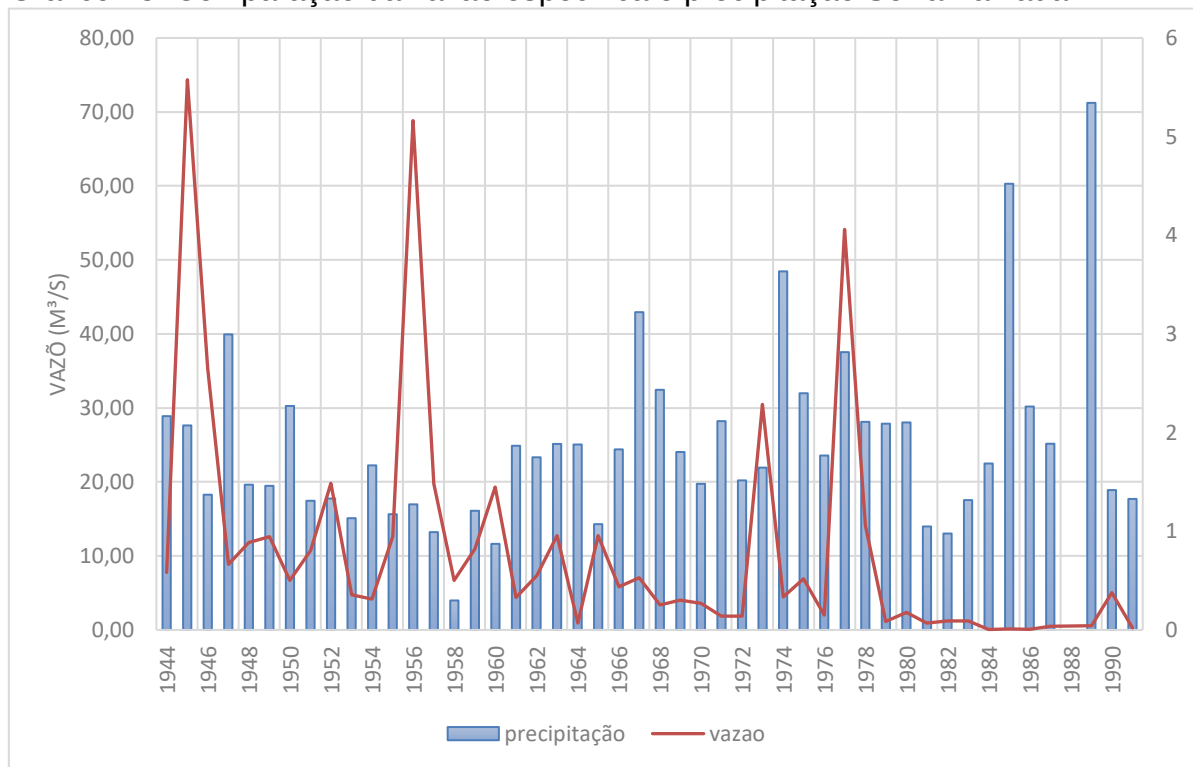


Fonte: Autor, 2022

Analisando os dados da estação Pluviométrica Afogado da Ingazeira juntamente com os dados da estação Fluviométrica percebemos uma constância nos dados de precipitação mantendo-se sempre abaixo de 4 mm. O gráfico 12 abaixo mostra um período de 2012 à 2018, onde tanto a vazão como a precipitação encontram-se próximos de zero, é um indício de que nesse período não existiu lâmina de água, ou seja, o rio secou na região das estações, trazendo com isso prejuízos enormes para as comunidades locais.

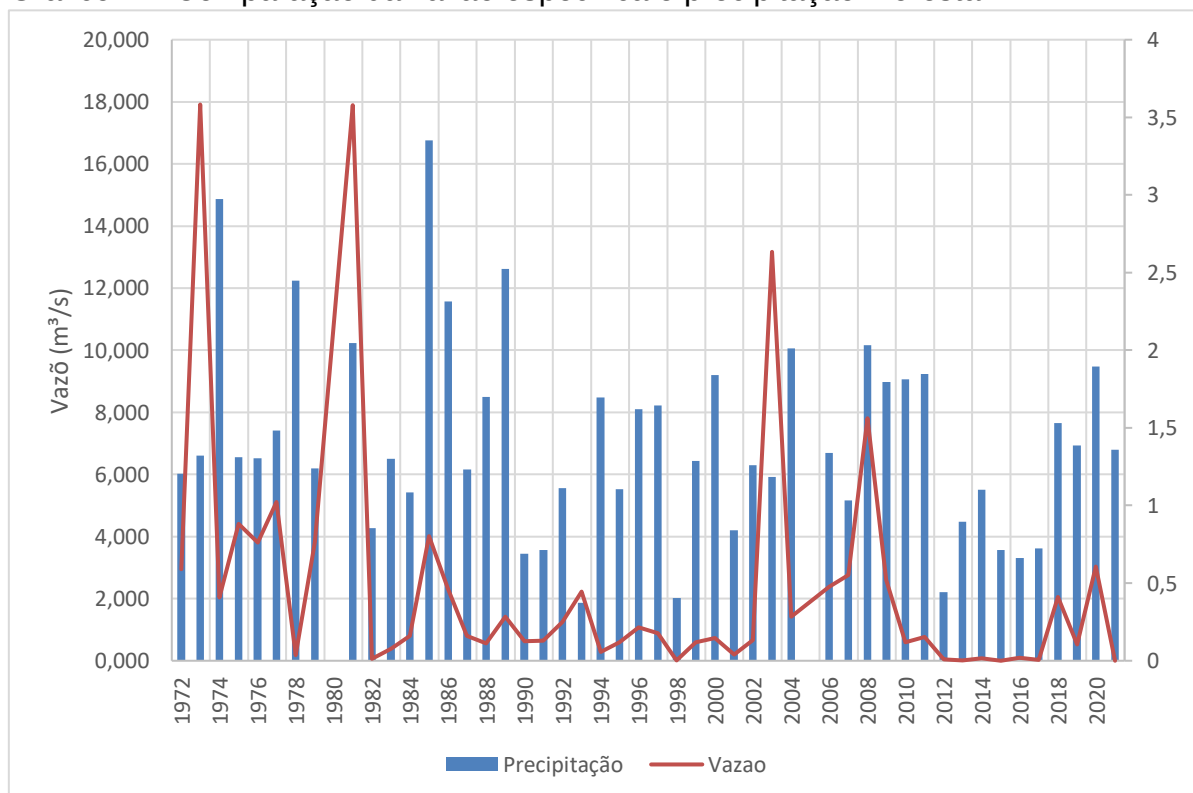
O gráfico 13 e 14 só reforçam as informações de baixa precipitação e vazão ao longo de toda bacia do rio Pajeú. Mesmo nas localidades que possuem reservatórios próximos das estações o volume das vazões continua baixo, o que nos faz inferir que esses reservatórios tenham uma cota fixa, mas os vertedouros quase não são abertos (APAC, 2022).

Gráfico 13. Comparação da vazão específica e precipitação Serra Talhada.



Fonte: Autor, 2022

Gráfico 14. Comparação da vazão específica e precipitação Floresta.



Fonte: Autor, 2022

A precipitação máxima nas estações estudadas foi de 5,5mm, precipitação muito baixa para manter a organização do fluxo das águas da bacia hidrográfica do rio Pajeú.

4.8.9 Resultado - Regressão Linear

Foi realizada análise estatística usando regressão linear com os dados de vazão e precipitação de todas as estações, mas os valores encontrados não foram satisfatórios.

O R múltiplo que é o coeficiente de correlação que mede a força de uma relação linear entre duas variáveis apresentou em todas as análises valor muito próximo a zero indicando irrelevância na relação entre as variáveis. O r- quadrado e r-quadrado ajustado também apresentaram valores muito pequeno, ou seja, os valores não se encaixam no modelo de análise da regressão linear, logo, as variáveis dependentes são irrelevantes para as variáveis independentes.

As tabelas 4, 5 e 6 abaixo são planilhas das regressões lineares das estações estudadas, onde pode ser observado o resumo dos resultados.

Tabela 4. Regressão vazão e precipitação: estações de Afogado da Ingazeira-PE

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,044968831
R-Quadrado	0%
R-quadrado ajustado	-3%
Erro padrão	12,28350133
Observações	32

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	9,172081821	9,172081821	0,060788799	81%
Resíduo	30	4526,532149	150,884405		
Total	31	4535,704231			

Fonte: Autor, 2022

Tabela 5. Regressão vazão e precipitação: estações de Serra Talhada – PE

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,103996466
R-Quadrado	1%
R-quadrado ajustado	-1%
Erro padrão	16,52803153
Observações	47

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	134,4047241	134,4047	0,492008118	49%
Resíduo	45	12292,91219	273,1758		
Total	46	12427,31691			

Fonte: Autor, 2022

Tabela 6. Regressão vazão e precipitação: estações de Floresta - PE

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,192939393
R-Quadrado	4%
R-quadrado ajustado	2%
Erro padrão	3,981432291
Observações	48

ANOVA

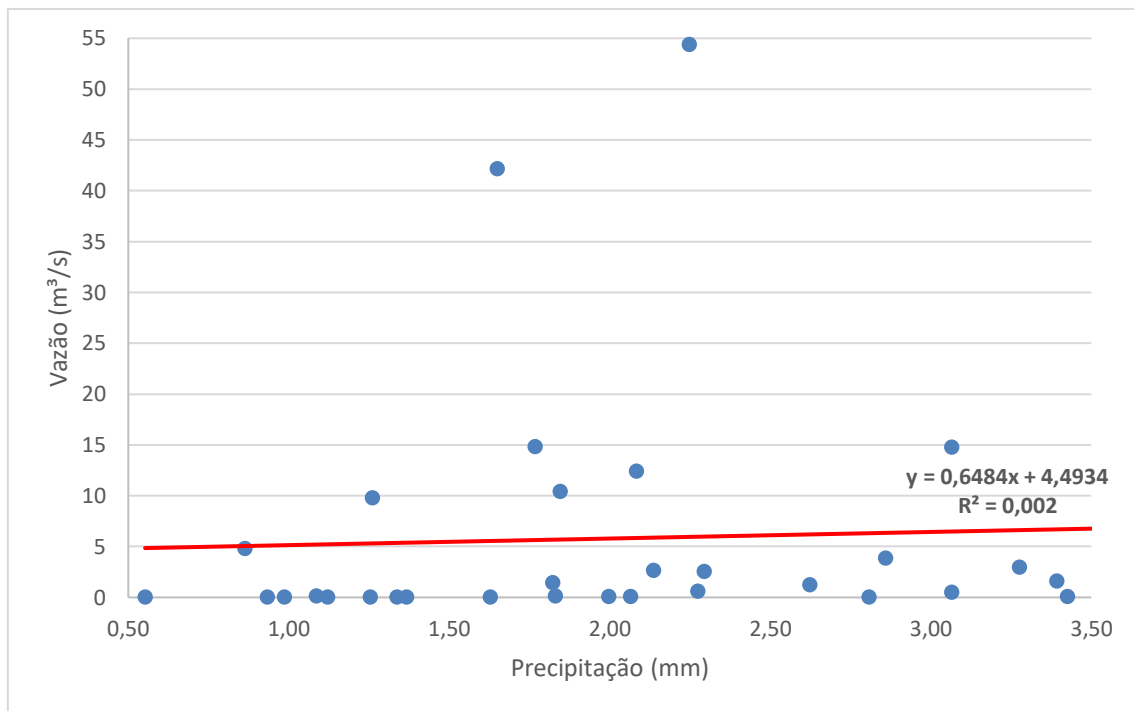
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	28,19381124	28,19381	1,778587021	19%
Resíduo	46	729,1829422	15,8518		
Total	47	757,3767535			

Fonte: Autor, 2022

Também foi observado o teste “F” de significância onde também foi constatado que não existe significância entre as vazões e a precipitação, tendo em vista os valores muito elevados encontrados na análise das regressões lineares.

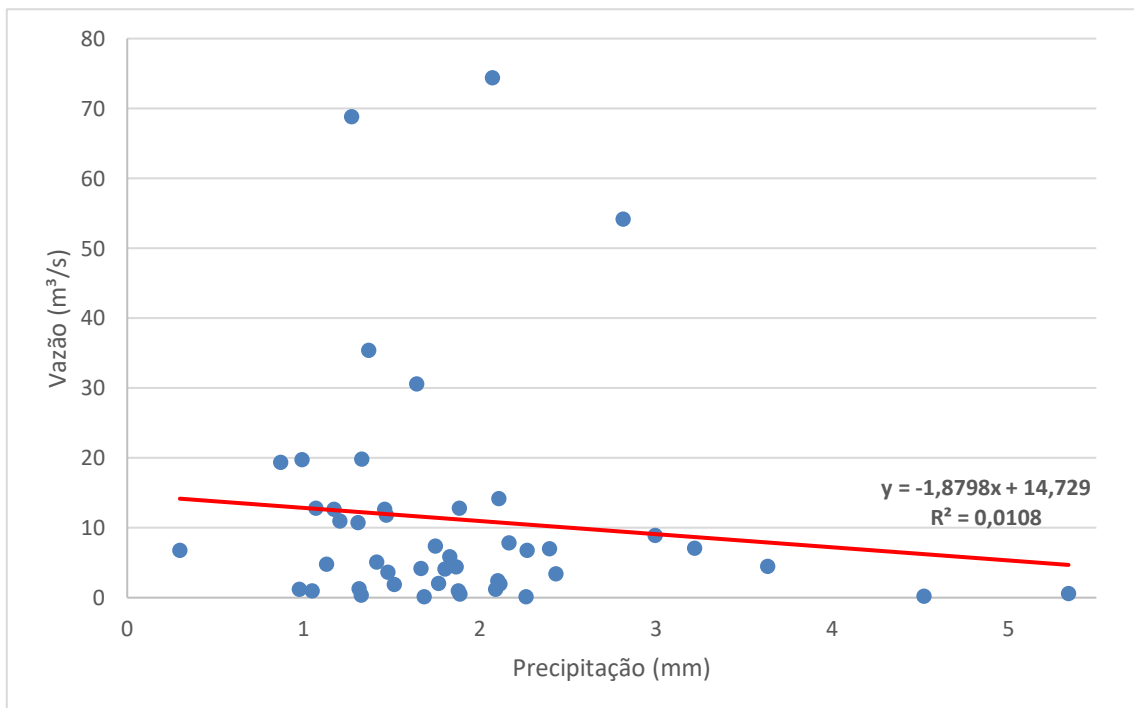
Abaixo estão os gráficos (gráfico 15 – Afogado da Ingazeira – PE; gráfico 16 – Serra Talhada – PE; gráfico 17 – Floresta – PE) de dispersão para as estações estudadas.

Gráfico 15. Dispersão dos dados entre vazão e precipitação para as estações Afogados da Ingazeira



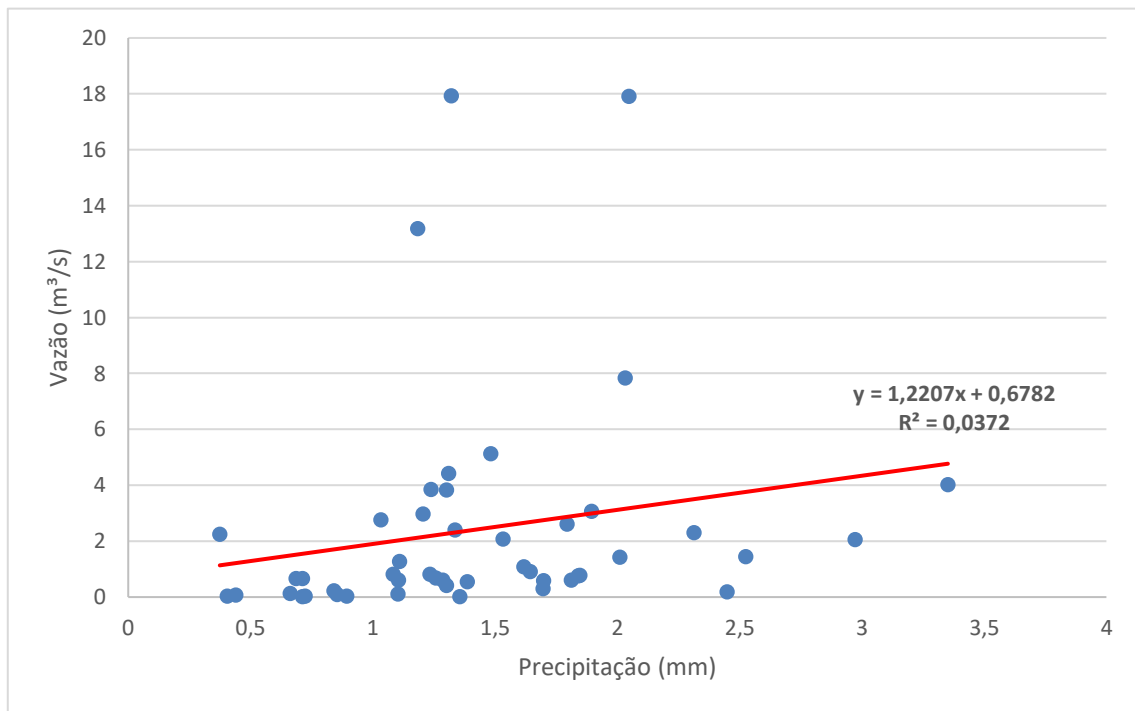
Fonte: Autor, 2022

Gráfico 16. Dispersão dos dados entre vazão e precipitação para as estações de Serra Talhada



Fonte: Autor, 2022

Gráfico 17. Dispersão dos dados entre vazão e precipitação para as estações de Floresta - PE



Fonte: Autor, 2022

Em ambos os gráficos expostos acima é notório a dispersão das informações, o que respalda o que já havia sido discutido, as series analisadas não possuem significância com relação a vazão e precipitação, mostrando valor dispersos e muito baixo, próximos a zero.

Outra observação que também pode ser vista através dos gráficos são as equações das linhas de Tendência, onde percebemos um R^2 muito pequeno, trazendo mais um indício que não existe significância entre vazão e precipitação.

5 CONCLUSÃO

A análise dos cenários climáticos possibilitou perceber que há uma pequena tendência de aumento da precipitação entre os meses de janeiro e março variando de 1207 mm ao norte e 467 mm ao sul da bacia com média anual de 658 mm, no norte da bacia a temperatura média do ar é de 20 °C já a região sul é de 26,2 °C, com altitude variando entre 900 metros a 350 metros. No restante do ano os níveis de precipitação são bem mais baixos, variando entre 0 mm e 25 mm, ou seja, apresentando um grande período de estiagem.

A área sul e extremo sul da bacia são bastante castigados, é nessa região que se observou as maiores temperaturas, os menores índices de precipitação e umidade, maior degradação da vegetação, além disso, são poucos reservatórios na região.

As geotecnologias mostraram-se de grande importância para auxiliar as ações de monitoramento, análise e gerenciamento disponibilizando em um curto espaço de tempo informações das demandas ambientais. Os bancos de dados online dos órgãos oficiais apresentaram resultados positivos. Com esses SIGs é possível obter informações de solos, vegetação, suscetibilidade a erosão, suscetibilidade a desertificação, relevo, declividade, precipitação e etc. uma infinidade de aspectos que podem ser consultados, criados e adaptados para diversas situações, possibilitando análises, mais efetivas e direcionadas como foi com a bacia do rio Pajeú.

Observando o comportamento das vazões específicas foi possível concluir que na região da bacia do Pajeú, uma região semiárida de predominantes vazões muito baixas, onde mesmo com reservatórios próximos das estações a vazão permanece baixa, nessa situação o reservatório consegue regularizar as vazões, mas não possibilita que tenha um aumento significativo das mesmas, logo, não há uma influencia diretamente dos reservatórios nas vazões medidas nas estações. A grande maioria dos reservatórios são usados na agricultura e consumo humano, como a vazão das estações com proximidade de reservatório permanecem com uma cota fixa, infere-se que, as águas estão represadas por um período longo sem que ocorra a liberação das águas pelos vertedouros para jusante.

Através da regressão linear entre a vazão e a precipitação, percebeu-se que as variáveis não são significativas estatisticamente para a bacia hidrográfica do rio Pajeú quando analisadas anualmente. Além disso, também se observou que a precipitação não influencia diretamente nas vazões, tendo em vista um volume muito baixo de precipitação por um período longo do ano. Como sugestão para futuros trabalhos tem-se a possibilidade da realização das análises de regressão por dados mensais.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas, 2022. HidroWeb v3.1.1. Série históricas das estações. Disponível: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 20 abr. 2022
- ALVARES C.A., STAPE J.L., SENTELHAS P.C., DE MORAES GONCALVES J.L., SPAROVEK G., 2013 : Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 711–728. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- Alves, E.D.L., 2016. Influência das variáveis naturais e antrópicas nos padrões da temperatura de superfície: análise por meio de regressão linear múltipla. Raega - O Espaço Geográfico em Análise 38, 345 - 364.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Monitoramento hidrológico. Disponível: <http://www.apac.pe.gov.br/monitoramento/>. Acesso: 24 nov. 2021.
- ASSAD, E. D. e SANO E. E. **Sistemas de informações geográficas**: Aplicações na Agricultura. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 1998, p. 3-11.
- AZEVEDO NETTO, José M. de . **Manual de hidráulica**. 9.ed. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2015. 632 . p. **ISBN**: 8521205005.
- BELTRÃO, B. A.; MORAIS, F.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; JUNIOR, L. C. S.; MENDES, V. A. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Pombal, estado da Paraíba. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Recife, 2005
- BERMÚDEZ, F. L., RECIO, J. M. R..M. **Geografia Física**. Madrid: Cátedra, 1992
- BROWN, L.; Flavin, C.; French, H. **Estado do mundo 2000**. Tradução H. Mallett. Salvador: UMA Editora, 2000. 288p.
- Bolstad, P. 2005 GIS Fundamentals. 2nd Edition. White Bear Lake, Minnesota: Eider Press;

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada, INPE, São José dos Campos, dezembro de 1995.

CÂMARA, G., MEDEIROS, J. S. Princípios Básicos em Geoprocessamento. In: CAMARGO, M. U. C. **Sistema de informações geográficas como instrumento de gestão e saneamento**. Rio de Janeiro: Editora da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1997. 208p.

CARDENAS, F.A.P. **Zoneamento geoambiental de uma parte da bacia do rio Nechí-Colômbia por meio de técnicas de geoprocessamento**. UNB, 1999. Brasília (Dissertação de mestrado).

CBHSF. Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco. O tal do rio Pajeú que despeja no São Francisco. 2014. Disponível: <http://cbhsaofrancisco.org.br/o-tal-do-rio-pajeu-que-despeja-no-sao-francisco/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

CERRI, M. S. **Proposta Metodológica para o Estudo de Microbacias Hidrográficas Urbanizadas: O Exemplo do Córrego Lavapés, Rio Claro, SP**. 1999. 174 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada de Recursos). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1999.

Cirilo, J.A., Montenegro, S.M.G.L., Campos, J.N.B., 2010. A questão da água no semiárido brasileiro, in: Bicudo, C.E.M., Tundisi, J.G., Scheuenstuhl, M.C.B. (org.), **Águas do Brasil: análises estratégicas**. Instituto de Botânica, São Paulo, pp. 81-91.

CPRM/CBPM. **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia – Sistema de Informações Geográficas – SIG**, escala 1:1.000.000. 2008.

CPRM/CBPM. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco – Sistema de Informações Geográficas – SIG**, escala 1:1.000.000. 2001.

Costa, V.J., Ferreira, M., Cordeiro, M.T.A., 2015. Análise de séries temporais climáticas. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 14, 169-177.

Cruz, J.C., Tucci, C.E.M., 2008. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 13, 111-124.

C. J. Date, Introdução a Sistemas de Bancos de Dados, Editora Campus, Tradução da 8a. edição americana, 2003.

DEITEL, H. M; DEITEL, P. J. Java, como programar. 6 ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2005.

DE NARDIN, Dionara; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. Zoneamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas em processo de arenização. Revista Sociedade & Natureza. v. 22. n. 03. p. 487 - 502. Uberlândia, 2010. Disponível em:< <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9941> >. Acesso em: 29 set. 2022.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. EMBRAPA-SPI, Rio de Janeiro.

Elmasri/Navathe, Sistemas de Bancos de Dados, Addison-Wesley, 6a., 2011.

ERSI (1996). ArcView GIS, the geographic information system for everyone, using ArcView Gis. United States of America, Environmental system research institute, inc.

Feitosa, A.; Santos, B.; Araújo, M. S. B. Caracterização Morfométrica e identificação de Áreas Susceptíveis a Erosão na Bacia do Rio Pajeú, PE: o Estudo de Caso da Bacia do Rio Pajeú/PERevista Brasileira de Geografia Física 04 (2011) 820-836

FREITAS, M.A.V. de; SANTOS, A.H.M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M.A.V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p.13-16.

Guimaraes ,C. C. - Fundamentos de bancos de dados, Editora Unicamp, 2003.

GOMES, H. A. et al. **Geologia e recursos minerais do Estado de Pernambuco**. Recife, 2001.

Heuse, C. A . Projeto de Banco de Dados, Editora Sagra Luzzato, 6a. Edição, 2008.

Hughes DA, Smakhtin VU (1996) Patching ou extensão da série de fluxo diário: uma abordagem de interpolação espacial baseada em curvas de duração do fluxo. Hydrol Sci J 41(6):851-871

INSA – Instituto Nacional do Semiárido. <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiarido-brasileiro>. O Semiárido Brasileiro. Acesso: 04 out. 2022.

L. F. D. S. Ermenegildo, S. B. Pereira, F. K. Arai, D. B. C. J. Rosa Geografia. Vazão específica e precipitação média na bacia do Ivinhema. 18 de setembro de 2012

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2005

Levine, J e Landes, J (1989). Use of geographical information system for local planning. Journal of the American planning association. 55, 2:209-20

Limberger, L., Silva, M.E.S., 2012. Precipitação e vazão mensal na Amazônia. Revista Geonorte 1, 719-728.

LOBÃO, J. S. B; LOBÃO, J. A. L; ROCHA, W. J. S. F. Banco de Dados Biorregional para o Semi-Árido no Estado da Bahia. IN: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2237-2244.

MEIRA, A D. Desenvolvimento de um Sistema de Informações Geotécnicas - GEOGIS e sua Aplicação ao Distrito de Cachoeira do Campo (Ouro Preto). Dissertação (Mestrado). Viçosa, Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1996. 124 p.

MENDONÇA, F. **Geografia Física: Ciência Humana? Dialética e geografia física**. Estudo da natureza e da sociedade. Afinal, o que é geografia? Geografia e meio ambiente. 4 ed. São Paulo: Contexto, 2002.

MINISTÉRIO DO Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MINISTÉRIO do Meio Ambiente – MMA; Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca.** Brasília: MMA, 2004.

MMA. **Mapa de Ocorrência de Desertificação e Áreas de Atenção Especial no Brasil.** Brasília: Topografia e Engenharia-Topocart [1998]. (Produzido como parte de trabalho realizado pelo PNUD, Fundação Grupo Esquel Brasil, FAO e IBAMA, no âmbito do Projeto BRA 93/036).

MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2000. Agenda 21 brasileira – Bases para discussão. Brasília. Disponível: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8457/mod_resource/content/1/bases_discussao_agenda21.pdf. Acesso: 16 set. 2021.

Moreira, E. B. M.; Soares, D. B.; Ribeiro, E. P.; Nóbrega, R. S.; SUSCETIBILIDADE À EROSÃO HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ, PERNAMBUCO. Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento- instituto de geociência-unicamp. DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2558 - ISBN 978-85-85369-16-3

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Correlação e regressão. Hidrologia e Estatística** Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2007.

OLIVEIRA, M. X. Análise Geoambiental: Discussão sobre conceitos e metodologias aplicadas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de pós-graduação em geografia. 2018 (tese de doutorado).

PEDREIRA, A. J. Sistemas deposicionais da Chapada Diamantina Centro-Oriental, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências** 27(3), 1997. p.229-240.

PERNAMBUCO, 2006. Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Recife.

Pinheiro, V. B. ; Naghettini, Mauro. Calibração de um modelo chuva-vazão em bacias sem monitoramento fluviométrico a partir de curvas de permanência sintéticas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 15, p. 143-156, 2010.

Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PBHSF (2016-2025) <http://www.CBHSaoFrancisco.org.br> – Acesso em: out, 2021

Quimpo, R.G., Alejandrino, A.A. e McNally, T.A. (1983) Curvas de Duração de Fluxo Regionalizado para Filipinas. *Jornal de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos*, 109, 320-330.

Ribeiro, E.P., 2016. Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú.

Salgueiro, J.H.P.B, Montenegro, S.M.G.L., 2008. Análise da distribuição espacial da precipitação na bacia do rio Pajeú em Pernambuco segundo método geoestatístico. *Revista Tecnologia* 29, 174-185.

SERHID. <http://www.serhid.rn.gov.br//> . Acesso em: 13 Out. 2021.

Santos, L., 2009. Modelos hidráulicos-hidrológicos: Conceitos e Aplicações *Revista Brasileira de Geografia Física* 2, 1-19.

TAVARES F. Ronaldo de Medeiros. “Áreas Críticas de poluição do Nordeste”. In: **Iº e IIº Seminário sobre Qualidade de Vida**. Aracaju: SEPLAN-INEP, 1981. Curvas de duração de fluxo de Vogel, R.M. e Fennessey, N.M. (1994): *Novas Camadas de Interpretação e Intervalos de Confiança*. *Revista de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos*, 120, 485-504.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977 91 p. (Recursos naturais e meio ambiente, 1).

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre. Editora da Universidade, 4 ed. 2009

ZONNEVELD, I. S. The Land Unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology*, v. 3, n. 1, p. 67-86, 1989.