



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA (DETEC)
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS (CMPF)
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

FRANCISCO LUCAS DE SOUZA LINHARES

**PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE CHUVAS E PERÍODO DE RETORNO
EM PAU DOS FERROS/RN**

PAU DOS FERROS/RN

2022

FRANCISCO LUCAS DE SOUZA LINHARES

**PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE CHUVAS E PERÍODO DE RETORNO
EM PAU DOS FERROS/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como
requisito para à obtenção do grau de Bacharelado em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos

PAU DOS FERROS/RN

2022

FRANCISCO LUCAS DE SOUZA LINHARES

**PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE CHUVAS E PERÍODO DE RETORNO
EM PAU DOS FERROS/RN**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado a Universidade Federal Rural Do Semi-Árido – UFERSA, *Campus* Pau dos Ferros, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Pau dos Ferros, 18 de Novembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos – Orientador
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA/CMPF

Prof. Dra. Kytéra Sabina Lopes de Figueredo – 1º Membro
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA/CMPF

Prof. Dr. Sharon Dantas da Cunha – 2º Membro
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA/CMPF

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L735p Linhares, Francisco Lucas de Souza.
Probabilidade de ocorrência de chuvas e período
de retorno em Pau dos Ferros/RN / Francisco Lucas
de Souza Linhares. - 2022.
60 f. : il.

Orientador: Wesley de Oliveira Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2022.

1. Volume precipitado. 2. Período de retorno.
3. Teste de aderência. I. Santos, Wesley de
Oliveira, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 1115

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

*Aos meus queridos pais,
Maria e Ciér e minha irmã
Andréia, obrigado por todo o
incentivo e apoio incondicional
no decorrer desta jornada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho, por ter me dado força para superar todos os obstáculos e coragem durante esta longa caminhada, por permitir que este meu sonho se tornasse realidade.

Agradeço aos meus pais, Maria (Marinalva Pereira de Souza) e Ciér (Francisco Linhares filho), por sempre esta do meu lado me apoiando e me incentivando a ir atrás dos meus sonhos, que não medem esforços para fazer o que podem e não podem para me ajudar, e principalmente pelo o incentivo, amor e o carinho de vocês são fundamentais na minha vida. E por tudo o que vocês representam para mim. Sem vocês nada disso teria acontecido!

Agradeço à minha irmã Maria Andréia de Souza Linhares, pelo suporte em todos os momentos, por todo o apoio e pelo incentivo na conclusão deste curso. Obrigado por ser a melhor irmã amiga que se pode ter.

Agradeço aos meus avós Raimunda Pereira de Souza e Zacarias Pereira de Souza, e demais familiares por estarem presentes em minha vida.

Agradeço aos meus avós (*in memoriam*), Elisa Rosália de Oliveira, Francisco Braga Linhares, que mesmo não estando mais presentes entre nós, guiaram o meu caminho como estrelas no céu.

Agradeço ao Professor Dr. Wesley de Oliveira Santos, por sua orientação, paciência, dedicação e pelo empenho dedicado a cada instante do seu tempo cedido para me acompanhar nesta etapa de formação acadêmica, e por tudo que tem feito ao longo deste percurso, assim como pelos valiosos conhecimentos transmitidos em sala de aula.

Agradeço aos membros da Banca Examinadora, Professora Dra Kytéra Sabina Lopes de Figueredo e Professor Dr. Sharon Dantas da Cunha, por reservarem um pouco do seu tempo e terem aceitado contribuir com o aperfeiçoamento deste trabalho.

Agradeço a todos os professores e demais servidores da UFERSA campus Pau dos Ferros, de todo departamento de Engenharia Civil, assim como também parte do departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, associado com o curso de Bacharelado de Ciência e Tecnologia por todo ensinamento durante esses anos.

Agradeço aos meus amigos e colegas que conheci durante o curso e os que já conhecia, em especial para Amanda Beatriz, Ketley Nohara, Gizele Goncalves, Naiara Pereira, Vanessa Oliveira, Girlano Moura e Marcos Vinícius por todos os momentos compartilhados e acontecimentos vividos juntos, por todo o apoio, e o mais importante, a amizade.

Meu muito obrigado, a todos que de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até aqui.

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama

RESUMO

A periodicidade das chuvas é um elemento meteorológico, que ao ser realizado estudos de séries históricas de dados pluviométricos, possibilita precaver a sua probabilidade de ocorrência, assim como o seu período retorno, sendo de suma importância o seu conhecimento para a região nordeste. Com base no exposto, este trabalho apresenta a variação anual e mensal da precipitação das probabilidades de ocorrência de chuvas e o período de retorno por meio de uma análise no período de 1964 a 2021 da cidade de Pau dos Ferros/RN, totalizando um período de 58 anos, onde estes dados foram disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Desta forma, pode-se determinar as precipitações para diferentes níveis de probabilidade de ocorrência, assim como o período de retorno por meio do modelo probabilístico Gama incompleta, com auxílio do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, com a finalidade de verificar a adequação da distribuição Gama. Desta forma, é possível determinar que a maior precipitação anual ocorreu em 1974 com 1.505,60 mm e a menor precipitação anual ocorreu no ano de 1993 com uma quantidade de 212,60 mm. O mês que apresentou maior precipitação foi o mês de Março, com 181,95 mm, enquanto o mês de setembro apresentou a menor precipitação, com 3,09 mm. Os meses compreendidos entre Janeiro a Maio apresentou valores acima da média, sendo considerado assim, o período de meses com maiores precipitações, enquanto que os meses entre Junho a Dezembro ficaram abaixo da média. Já com relação ao período de retorno da maior precipitação máxima diária ocorrida na série histórica no ano de 1982 com a precipitação de 147,80 mm, está previsto ocorrer novamente com 98,4 anos, e para a menor precipitação máxima diária registrada no ano de 1989 com 26,70 mm, está previsto acontecer novamente com 0,6 anos.

Palavras-chave: Volume precipitado. Período de retorno. Teste de aderência.

ABSTRACT

The periodicity of rainfall is a meteorological element, which, when studies of historical series of pluviometric data, make it possible to predict its probability of occurrence, as well as its return period, being of paramount importance to its knowledge for the northeast region. Based on the above, this work presents the annual and monthly variation of precipitation of the probability of occurrence of rain and the return period through an analysis in the period from 1964 to 2021 in the city of Pau dos Ferros/RN, totaling a period of 58 years, where these data were made available by the Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). This way, precipitation can be determined for different levels of probability of occurrence, as well as the return period through the Incomplete Gamma probabilistic model, with the aid of the Kolmogorov-Smirnov adherence test, in order to verify the adequacy of the Gamma distribution. Thus, it is possible to determine that the highest annual precipitation occurred in 1974 with 1,505.60 mm and the lowest annual precipitation occurred in 1993 with an amount of 212.60 mm. The month with the highest rainfall was the month of March, with 181.95 mm, while the month of September had the lowest rainfall, with 3.09 mm. The months between January and May presented values above the average, thus being considered the period of months with the highest rainfall, while the months between June and December were below average. Regarding the return period of the highest daily maximum precipitation occurred in the historical series in 1982 with a precipitation of 147.80 mm, it is expected to occur again with 98.4 years, and for the lowest daily maximum precipitation recorded in the year of 1989 with 26.70 mm, it is predicted to happen again with 0.6 years.

Keywords: Precipitated volume. Return period. Adhesion test.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte

ENOS – El Niño Oscilação Sul

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDF – Intensidade, Duração e Frequência

IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Norte.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NEB – Nordeste Brasileiro

P – Probabilidade de Ocorrência

PGB – Programa Geologia do Brasil

RN – Rio Grande do Norte

T – Período de Retorno

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo do Município de Pau dos Ferros/RN.....	48
Tabela 2: Resumo estatístico das precipitações em Pau dos Ferros/RN.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo Hidrológico.....	17
Figura 2: Chuva convectiva ou de convecção.....	19
Figura 3: Chuva orográfica ou de relevo.....	20
Figura 4: Chuva Frontal ou Ciclônica.....	20
Figura 5: Esquematização de um pluviômetro.....	25
Figura 6: Modelo de pluviógrafo.....	26
Figura 7: Esquematização de um radar meteorológico.....	27
Figura 8: Semiárido do Rio Grande do Norte.....	29
Figura 9: Vegetação do estado do Rio Grande do Norte.....	32
Figura 10: Mapa dos solos de Pau dos Ferros-RN.....	33
Figura 11: Tipos Climáticos do Rio Grande do Norte.....	34
Figura 12: Bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte.....	35
Figura 13: Caatinga no período chuvoso (A) e seco (B).....	37
Figura 14: Localização do município de Pau dos Ferros.....	40
Figura 15: Precipitações anuais.....	49
Figura 16: Precipitações médias mensais.....	51
Figura 17: Precipitação máxima anual em função do período de retorno.....	52
Figura 18: Frequências observadas e ajustadas pelo modelo de Gumbel.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	45
------------------------	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 CICLO HIDROLÓGICO	17
2.2 TIPOS DE CHUVA	18
2.3 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	21
2.4 CHUVAS INTENSAS.....	22
2.5 PERÍODO DE RETORNO.....	22
2.6 INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS DE MEDIÇÃO.....	23
2.7 RELAÇÃO INTENSIDADE/DURAÇÃO/FREQUÊNCIA DAS CHUVAS	27
2.8 REGIÃO NORDESTE	28
2.8.1 Rio Grande do Norte.....	30
2.8.2 Caracterização do Município de Pau dos Ferros	31
2.8.2.1 Vegetação	31
2.8.2.2 Solos	32
2.8.2.3 Clima	33
2.8.2.4 Hidrologia.....	34
2.9 BIOMA CAATINGA	36
2.10 FATORES QUE INFLUENCIAM NA PRECIPITAÇÃO.....	38
3 METODOLOGIA.....	40
3.1 ÁREA DE ESTUDO	40
3.2 DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE	41
3.2.1 Distribuição de Gumbel.....	41
3.2.2 Distribuição Gama	43
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
6 REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Através do crescimento desordenado, juntamente com a falta de planejamento social equânime, associado com a falta de infraestrutura básica tem proporcionado a degradação ambiental dos centros urbanos, assim como o uso sem controle dos recursos naturais, ocasiona impactos negativos, dentre outros aspectos, como as propriedades dos rios, solo e relevo, de modo consequente, aumentando os efeitos das chuvas, que podem ser associados com às ocorrências de inundações, enchentes, deslizamentos de terras e alagamentos.

Nesse contexto, tem-se que problemas provenientes das condições climáticas extremas tem ganhado grande repercussão a ponto de afetar significativamente na qualidade de vida das populações humanas, especialmente àquelas residentes nos ambientes urbanos.

No decorrer dos últimos anos, constata-se modificações nos componentes meteorológicos e, consequentemente, a distribuição e a intensidade das chuvas têm sido modificada, que acaba originando em uma maior probabilidade de ocorrência de fenômenos anômalos, como chuvas torrenciais e por meio de longos períodos de estiagens (SOUZA; AZEVEDO, 2012).

A compreensão da probabilidade de ocorrência de chuvas extremas, é de suma importância, assim como seu provável tempo de retorno, tornando possível utilizar medidas de precauções contra deslizamentos de morros em regiões de relevo acidentado (NOGUEIRA *et al.* 2016).

De acordo com MESQUITA *et al.* (2009), para o dimensionamento de obras hidráulicas, tanto urbanas, como rurais, é necessário o conhecimento da precipitação esperada, de modo que a estrutura planejada possa resistir adequadamente.

Segundo NOGUEIRA *et al.* (2016), estudo de séries históricas de dados pluviométricos possibilita um melhor planejamento de construções urbanas e rurais, fornecem êxito na agricultura, além de auxiliar na manutenção de bacias hidrográficas.

Toda essa problemática se propõe em consideração a importância de um tema tão complexo, que envolve a ocorrência de chuvas intensas, juntamente com o excesso de volume de precipitação durante um pequeno intervalo de tempo em um único local ou nas regiões próximas podem ocasionar sérios problemas no local atingido, como por exemplo, alagamentos, deslizamentos, enchentes, danos na agricultura, assoreamento dos mananciais, dentre outros aspectos. Com base no exposto, visto que é de suma importância do conhecimento da intensidade e periodicidade das chuvas para a região Nordeste, onde está inserido o município de Pau dos Ferros/RN.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Determinar a probabilidade de ocorrência de chuvas e o período de retorno, para o município de Pau dos Ferros, localizado no sertão semiárido do estado do Rio Grande do Norte.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre metodologias de estimativa de ocorrência de chuva e período de retorno na região em estudo;
- Promover ações que possibilite otimizar o trabalho dos órgãos responsáveis pelos recursos hídricos presentes no município;
- Verificar a aderência da distribuição de probabilidade Gama aos dados de precipitação;
- Determinar a variabilidade anual e mensal da precipitação;
- Realizar ações que possibilite auxiliar no entendimento no período de retorno e ocorrências de chuvas.

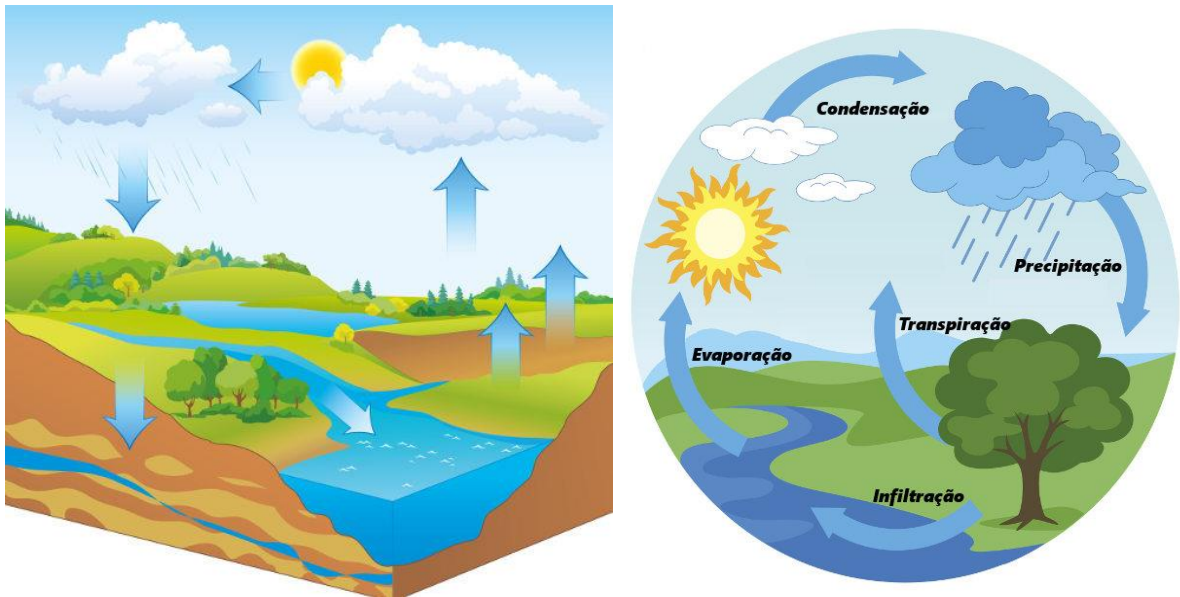
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CICLO HIDROLÓGICO

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), define o ciclo hidrológico, ou ciclo da água, como sendo o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes (superfície, solo e rocha) e na atmosfera, alimentado pela força da gravidade e energia do Sol.

De acordo com SANTOS (2022), O ciclo da água é um ciclo biogeoquímico que garante que a água circule pelo meio físico e pelos seres vivos. Esse processo depende da luz solar, que garante que a água evapore, dando início ao ciclo (Figura 1).

Figura 1: Ciclo Hidrológico.



Fonte: SANTOS, 2022.

Segundo COLLISCHONN; TASSI (2008), a água é considerada uma das substâncias a qual todas as formas de vida necessitam para sobreviver, destacando-se por poder ser encontrada de forma natural em seus três estados físicos, sendo o estado líquido, sólido e gasoso.

Conforme SANTOS (2022), o ciclo da água varia de acordo com o local em que ele ocorre. Fatores como cobertura vegetal, altitude, temperatura e tipo de solo, por exemplo, afetam diretamente a quantidade de água envolvida no processo e a velocidade do ciclo.

Segundo COLLISCHONN; TASSI (2008), a hidrologia pode ser considerada como uma ciência que estuda a água nos seus variados estados, distribuições, movimentos, assim

como base de conhecimentos provindos da hidráulica, física e estatística.

Conforme PAZ (2004), o ciclo hidrológico é caracterizado pelo constante movimento da água, possuindo como principal fonte de energia o sol que emite radiação e a terra que é responsável pela movimentação da água através da gravidade.

De acordo com OLIVEIRA (2017, p. 06),

Assim, o ciclo hidrológico pode ser resumido da seguinte maneira: A energia do sol resulta no aquecimento do ar, do solo e da água superficial, provocando a evaporação da água e o movimento das massas de ar. As massas de ar com umidade são transportadas para níveis mais altos da atmosfera, onde ocorre a condensação do vapor d'água ao redor dos núcleos de condensação sob condições meteorológicas favoráveis, formando as nuvens, possibilitando o retorno da água à superfície terrestre na forma das precipitações.

As chuvas é um importante componente no ciclo hidrológico, sendo considerado um tipo de precipitação, provocadas pela ascensão do ar quente e úmido na atmosfera, que resulta na formação das nuvens e precipitações. Após a formação das nuvens, no seu interior contém núcleos de condensação, que são partículas da água no seu estado gasoso, podendo ser constituído por componentes de gelo, poeira ou fumaça, originando as gotas de água ao passar por o estado líquido. Resultando assim num processo conhecido como coalescência, que resulta do agrupamento das gotículas de água ganhando peso e formato, sendo que a medida que gotas ao serem formadas, for maior que a capacidade da suspensão do ar, elas passaram cair em alta velocidade das nuvens, dando origem à precipitação na forma de chuva (GUITARRARA, 2018).

Segundo TUCCI (2002), a transição da água entre atmosfera, oceanos e continente, durante o ciclo hidrológico, é impulsionada pelos principais fatores: energia provinda do Sol, pela gravidade e pelo movimento de rotação terrestre.

2.2 TIPOS DE CHUVA

De acordo com GUITARRARA (2018), as chuvas são um fenômeno meteorológico que consiste em uma das etapas do ciclo hidrológico, conhecido também como ciclo da água, e corresponde ao retorno desse recurso para a superfície terrestre.

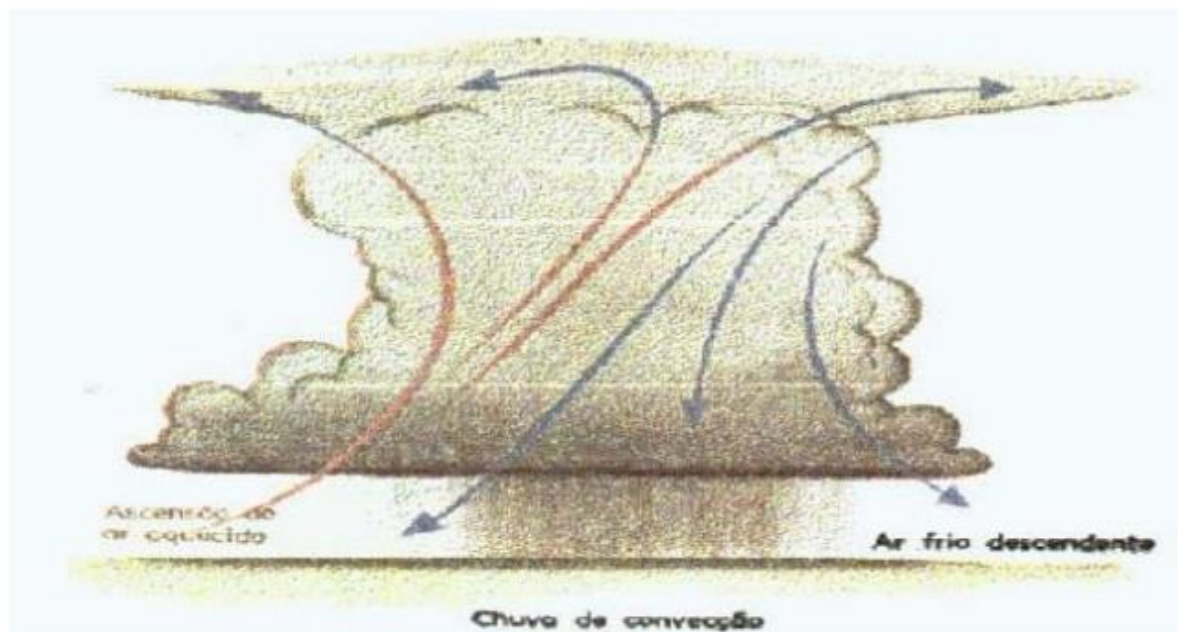
A classificação das chuvas varia conforme o seu processo de formação, dependendo do período do dia ou época do ano, as características do local, como o relevo e as partículas que

esta presente na suspensão atmosférica (GUITARRARA, 2018).

De acordo com LEAL (2016), as precipitações podem ser determinadas conforme as suas características de formação, podendo ser chuvas frontais ou ciclônicas, chuvas orográficas e chuvas convectivas ou de convecção. Desta forma, podemos classificar:

- Chuvas Convectivas ou de Convecção: Esse tipo de chuva é formado por meio da ascensão de massas de ar quente da superfície, preenchidas com vapor d'água, conforme a Figura 2. Quando o ar sobe, o mesmo acaba resfriando-se, ocasionando a condensação do vapor de água, o que acaba colaborando para a ocorrência da precipitação. Uma das principais características deste tipo de chuva é a intensidade e em um pequeno intervalo de tempo, atingindo pequenas áreas e ocasionando alagamentos ou enchentes em bacias hidrográficas de pequeno porte.

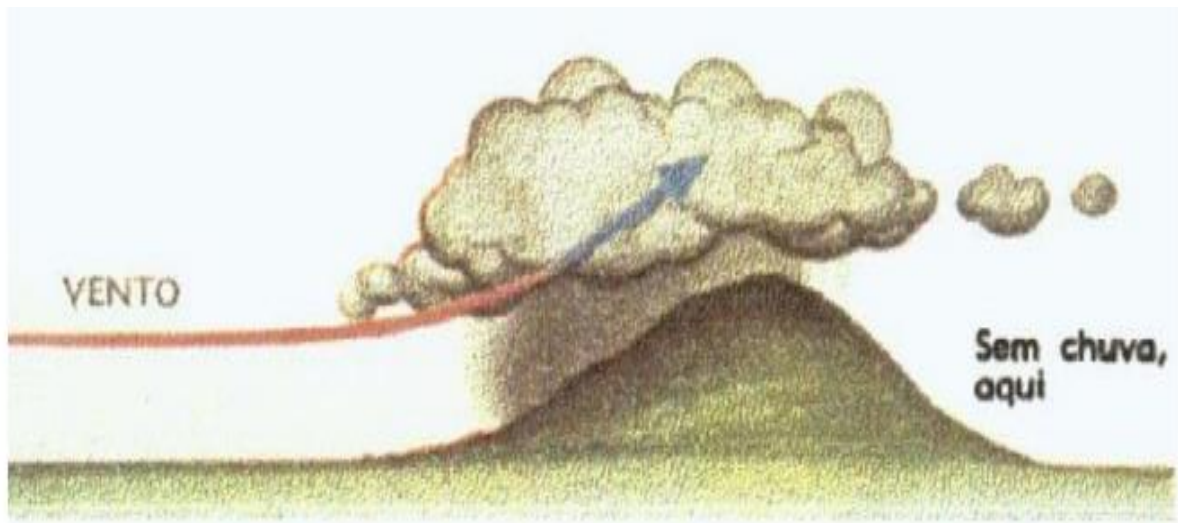
Figura 2: Chuva convectiva ou de convecção.



Fonte: CARVALHO; SILVA, 2006.

- Chuvas Orográficas ou de Relevo: Este tipo de chuva resulta da elevação forçada do ar com à influência de um relevo, conforme a Figura 3. Ou seja, a ocorrência desse tipo de chuva está ligado com a presença de ventos úmidos provenientes do oceano, que acabam encontrando barreiras montanhosas no ambiente, forçando a sua elevação e provocando o resfriamento, colaborando para a formação de nuvens e originando a precipitação. As principais características das chuvas orográficas é por serem de média a curta duração, apresentando de média a uma elevada intensidade, abrangendo uma pequena área sem a ocorrência de descargas elétricas.

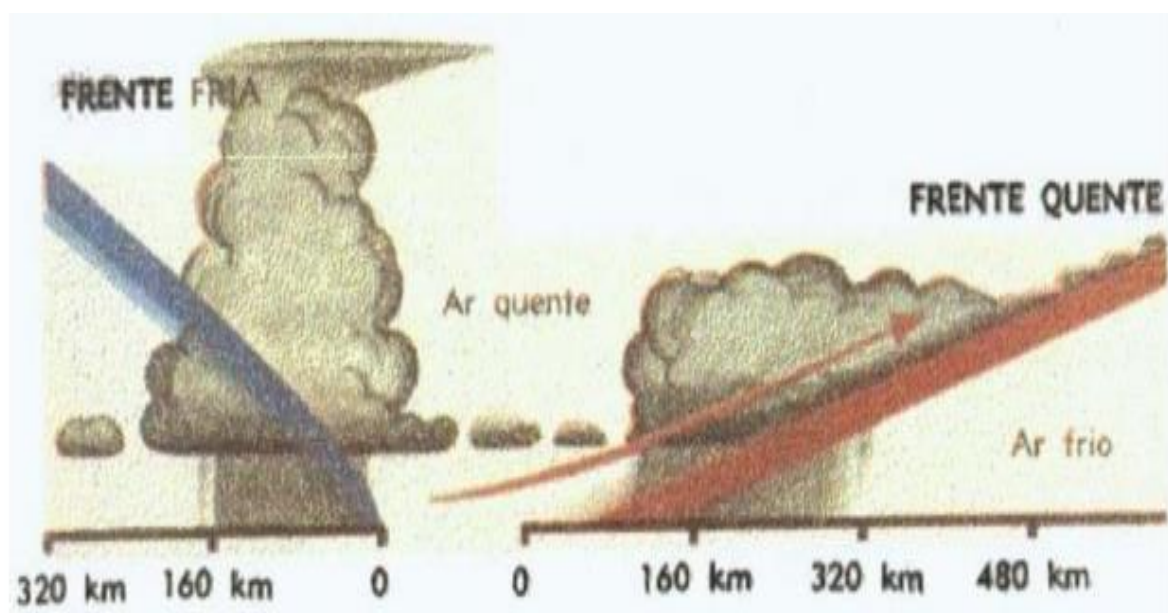
Figura 3: Chuva orográfica ou de relevo.



Fonte: CARVALHO; SILVA, 2006.

- Chuvas Frontais ou Ciclônicas: Este tipo de chuva se origina do encontro de duas massas de ar que apresentam características variadas de umidade e temperatura (Figura 4). Neste processo de chuva, a massa de ar quente presente eleva-se, onde o ar acaba se arrefecendo e ocasiona o ponto de saturação, formando assim as nuvens e originando a ocorrência da precipitação. Este tipo de chuva destaca-se por apresentar uma intensidade média, no entanto, com uma longa duração de tempo, que acaba atingindo grandes áreas, o que pode ocasionar assim inundações ou enchentes nas bacias maiores.

Figura 4: Chuva Frontal ou Ciclônica.



Fonte: CARVALHO; SILVA, 2006.

2.3 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A precipitação pluviométrica pode ser considerada como uma das variáveis meteorológicas que mais apresenta destaque, uma vez que a caracterização do regime pluviométrico de um determinado local, possibilita no auxílio do planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (MENEZES; FERNANDES, 2016).

A realização do mapeamento de grandezas climáticas é de suma importância, pois possibilita a obtenção de melhorias no desenvolvimento de mapas voltados para o uso do planejamento rural e urbano, para aplicação prática no planejamento do meio físico, possibilitando o manejo de bacias hidrográficas e projetos de obras hidráulicas voltadas para a engenharia (SILVA *et al.*, 2020).

Segundo CARVALHO; SILVA (2006) a precipitação é a água que incide sobre a superfície terrestre e é responsável pelo ciclo hidrológico, no qual mantém um constante transporte da água pela terra e beneficia os seres vivos que a consomem.

De acordo com LOPES (2017), a precipitação é de extrema importância, pois é a partir dela que se dá a formação do escoamento superficial, infiltração, evaporação, transpiração, recarga de aquíferos, vazão básica dos rios, por exemplo.

Segundo MOREIRA *et al.* (2010), os conhecimentos sobre precipitações permitem a tomada de decisão e o melhor planejamento de diversas atividades que podem ter influência significativa no desenvolvimento socioeconômico de uma região.

De acordo com GARCIA *et al.* (2013), a estimativa da lâmina mínima a precipitar permite um melhor planejamento agrícola, auxiliando no dimensionamento de sistemas de irrigação e na determinação de épocas de semeadura, impedindo perdas na produtividade.

Ao analisar os registros climáticos, destaca-se que as análises realizadas ao longo do tempo é de suma importância para as sociedades modernas, pois as mesmas possibilita uma base para a compreensão de tendências climáticas com suas possíveis causas potenciais, sendo que os impactos das oscilações climáticas na sociedade estão relacionados diretamente com os eventos extremos de precipitação (SOUZA; AZEVEDO, 2018).

Segundo BARBOZA; CAIANA; NETO (2020), conhecer a precipitação histórica de uma determinada região é essencial na prosperidade econômica de um município, pois o conhecimento da precipitação permite um melhor dimensionamento de obras de engenharia.

2.4 CHUVAS INTENSAS

As chuvas intensas podem ser consideradas como sendo todo evento de chuva cuja lâmina precipitada ou sua intensidade supere um valor mínimo que é função do tempo de duração da chuva (MELLO; SILVA, 2013).

É de suma importância realizar o planejamento integrado da gestão de recursos hídricos e do uso do solo, para um melhor entendimento sobre a dinâmica espaço-temporal dos altos valores de chuvas sob uma perspectiva ampla, visto que é bastante importante para proporcionar o fornecimento de dados para o dimensionamento de projetos, voltados para a conservação dos solos e de obras hidráulicas, assim como para o planejamento do uso e ocupação da paisagem (SILVA *et al.*, 2020).

O conhecimento da probabilidade de ocorrência de chuvas extremas é de suma importância, assim como seu provável tempo de retorno, tornando possível utilizar medidas de precauções contra deslizamentos de morros em regiões de relevo acidentado (NOGUEIRA *et al.* 2016).

A principal função de um projeto de sistema de drenagem urbana é encaminhar de forma eficiente o escoamento das águas provenientes das chuvas, no entanto existe uma certa divergência na maioria das vezes com a quantidade da precipitação, possuindo também uma variação com o espaço e tempo. Desta forma, é de suma importância que o projetista determine uma precipitação máxima como padrão, sendo que através do evento hidrológico máximo já definido é possível verificar se o projeto dimensionado irá suportar ou não, que é conhecido como chuva de projeto (OLIVEIRA, 2017).

De acordo com TUCCI (2001), a ocorrência de precipitações máximas e/ou mínimas em determinada área ou em uma bacia hidrográfica (eventos extremos) possuem duração e distribuição temporal e espacial críticas, atuando de forma significativa em obras hidráulicas, construções civis, erosão do solo, inundações urbanas e rurais, entre outros efeitos.

2.5 PERÍODO DE RETORNO

Um aspecto bastante importante que deve ser levado em consideração quando se trabalha com probabilidade de ocorrência de um elemento meteorológico, é o termo conhecido como intervalo médio de recorrência ou período de retorno, que pode ser representado pela simbologia T . O período de retorno pode ser interpretado como sendo aquele que determina o tempo provável de retorno para que um certo fenômeno venha acontecer novamente. Na

maioria das vezes, o período de retorno é calculado para valores extremos, ou seja, para a ocorrência de anomalias climáticas que podem ocasionar algum tipo de impacto econômico e social, não sendo preciso ser calculado para valores que ocorra de forma normal. Para se obter uma estimativa de T eficaz, é preciso conter uma série longa de valores medidos, uma vez que T depende diretamente da probabilidade de ocorrência P do fenômeno em estudo (CAETANO, 2019).

Segundo JULIÃO *et al.*, (2009), a susceptibilidade representa a propensão para uma área ser afetada por um processo perigoso, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência de processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência.

2.6 INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS DE MEDIÇÃO

Para executar seja qual for o tipo de estudo científico atmosférico, é de suma importância conter informações sobre experiências, observações e métodos científicos que realize estudos sobre esses fenômenos, como base voltada para o desenvolvimento da meteorologia (ANTUNES, 2019).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), um dos fatores mais importantes para determinar os parâmetros que engloba precipitação, é adquirir conhecimentos relacionados as transformações atmosféricas por meio da meteorologia.

A realização do estudo de uma estação meteorológica depende conforme o interesse que o usuário precise de alguma informação, relacionado com a obtenção de dados provenientes da previsão do tempo, sendo representados por temperaturas máximas e mínimas da atmosfera, assim como a obtenção de dados mais específicos, podendo ser relacionado com a pressão atmosférica, umidade do ar, direção e velocidade dos ventos. (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

A coleta de dados de uma respectiva estação meteorológica, depende de que tipo de informação o usuário esta interessado em saber, que podem ser executado de apenas uma simples previsão do tempo ou até mesmo para finalidades mais específicas. Desta forma, através das estações é possível determinar a obtenção de dados, como por exemplo a pressão atmosférica, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos, medição de precipitação, evaporação e a temperatura mínima ou máxima do solo e do ar (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

A avaliação de um regime de precipitações de uma determinada região pode ser

realizada através da implantação de uma rede de pontos de medição compostas por equipamentos, como pluviógrafos e pluviômetros, que são considerados como instrumentos meteorológicos e também através de radares, que são considerados instrumentos espaciais. Cujas principais funções desses instrumentos é coletar dados meteorológicos (LOPES, 2017).

Segundo o INMET, a junção desses equipamentos instalados em um mesmo local, é conhecido como uma estação meteorológica, uma vez que o conjunto dessas estações distribuídas em uma certa região é chamado de rede de estações meteorológicas.

2.6.1 Pluviômetro

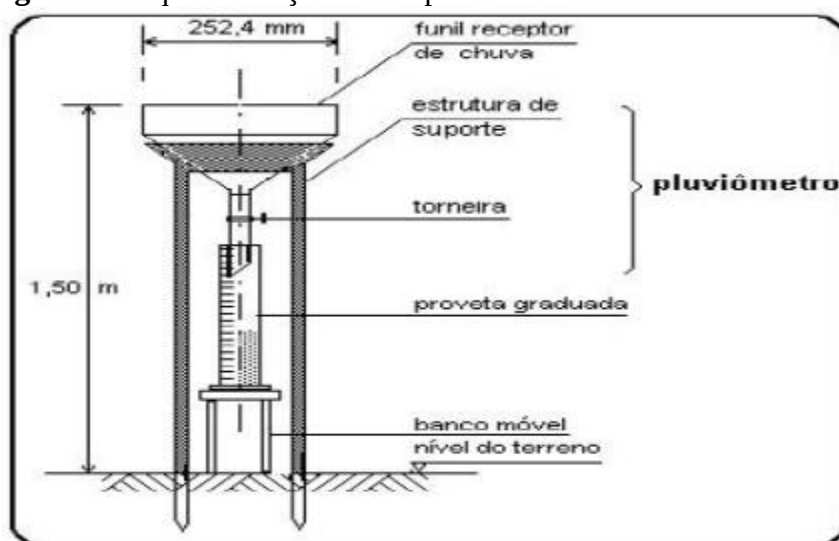
Desta forma, tem-se que um pluviômetro é um equipamento meteorológico que consiste na medição da altura da precipitação pluvial em milímetros, no decorrer de um certo período de tempo e local (INMET).

Um pluviômetro é composto por um reservatório cilíndrico de fundo cônico contendo uma torneira para esgotamento, sendo interligado a um receptor com forma de funil contendo bordas que auxiliam na diminuição e/ou não permitir a evaporação da chuva que foi acumulada. Desta forma, com a junção destes equipamentos, é incluído ainda uma proveta graduada, que permite fazer a medição do volume de precipitação conforme a Figura 5 (ANTUNES, 2019).

A forma de recolher a água precipitada, é um processo simples, visto que é fornecido as alturas pluviométricas durante um dia ou a média do período de doze horas, sendo que a observação desses dados podem ser feitas de forma normal compreendida em um período de uma a duas vezes por dia, com horários já pré determinados. Uma vez que, as dimensões dos equipamentos presentes devem ser padronizados de forma igual para todas as estações meteorológicas, para que seja possível realizar a comparação entre os dados obtidos (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

De acordo com CARVALHO; SILVA (2006), medição da precipitação pode ser obtida por meio de aparelhos como o pluviômetro e o pluviógrafo, que ficam implantados em locais estratégicos e registram a altura pluviométrica de um determinado local para obter a intensidade de precipitação que é a razão entre a altura pluviométrica e o tempo de duração da chuva.

Figura 5: Esquemática de um pluviômetro.



Fonte: ANTUNES, 2019.

2.6.2 Pluviógrafo

De acordo com o INMET, a definição de pluviógrafo é um tipo de equipamento meteorológico que consiste no registro de forma automática da altura da precipitação pluvial registrada em milímetros, assim como a sua duração.

Segundo ANTUNES (2019), este tipo de instrumento é utilizado quando busca-se saber de forma direta apenas as diferentes variações da intensidade pluviométrica, que podem ser compreendidos como sendo a relação entre a duração da chuva e a altura pluviométrica.

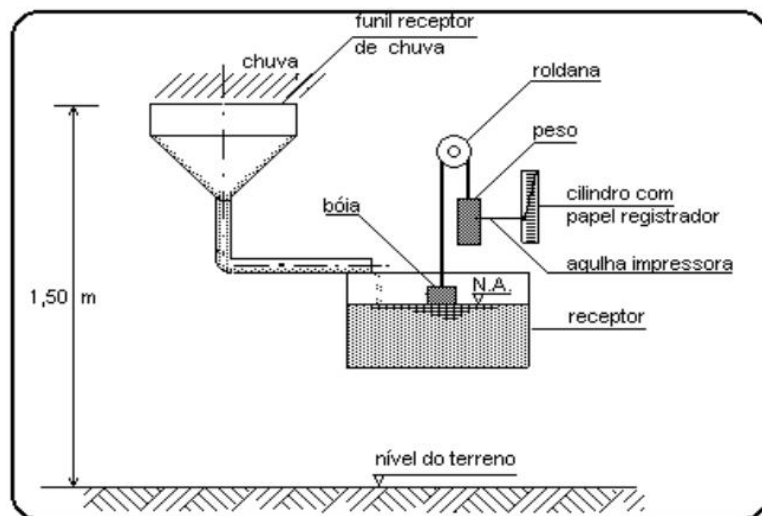
O funcionamento de um pluviógrafo é semelhante ao de um relógio, que consiste por meio de um tipo de rotação em torno de um cilindro que é revestido por um papel graduado, onde através do mesmo é possível registrar a altura da precipitação registrada por meio de uma pena que desliza entre o cilindro e o papel graduado, grifando a respectiva altura da precipitação, uma vez que toda a água que é captada é armazenada de forma temporária em um tipo de receptor com definições padronizadas (ANTUNES, 2019).

Uma das vantagens do pluviógrafo é que o mesmo possui uma instalação e execução de forma automática, sendo possível determinar as medições das mais variadas intensidades de índices pluviométricos precipitados, compreendido em um certo intervalo de tempo bem menor quando comparado com as medições realizadas de forma manualmente. Uma vez que, logo em seguida estes dados processados devem ser observados e preencher as possíveis falhas presentes (TUCCI, 2012).

Conforme LOPES (2017), os três tipos de pluviógrafos mais utilizados são os de cuba basculante, o de balança e o de boia. Na figura a seguir é representado um pluviógrafo

do tipo Hellmann-Fuess, modelo tipo boia.

Figura 6: Modelo de pluviógrafo.



Fonte: ANTUNES, 2019.

2.6.3 Radares Meteorológicos

Os radares meteorológicos (Figura 7) são considerados um tipo de instrumento eletrônico que é usado para detectar a possível ocorrência de fenômenos à distância, conforme a emissão de sinais eletromagnéticos que são refletidos por eles. Uma das principais vantagens da utilização desses tipos de radares, é que os mesmos funcionam como um tipo de auxílio para a obtenção de dados coletados por pluviômetros e pluviógrafos, com o intuito de minimizar os possíveis erros presentes por meio da combinação da medição (CPTEC, 2010).

O funcionamento de um radar meteorológico pode ser compreendido como sendo executado por meio da aplicação de ondas eletromagnéticas composta por alta energia, que ao atravessarem uma determinada nuvem, produz a ressonância em cada gota existente na nuvem atingida, proporcionando assim a criação de novas ondas eletromagnéticas que acabam irradiando em todas as direções. Sendo que, uma parcela dessa energia acaba retornando ao radar, onde irá emitir informações, como a distribuição das gotas e tamanho, assim como a distância ao alvo (CPTEC, 2010).

De acordo com ANTUNES (2019), a principal vantagem desse tipo de instrumento, é que ele tem a finalidade de determinar o tamanho e como as células de chuvas são formadas, assim como a distribuição das mesmas ao atingir uma determinada região.

Para um bom funcionamento de um radar meteorológico é necessário conter um

software, em constantes processos de atualização, que possibilite a acomodação e o tratamento de forma correta do grande número de dados de refletividade obtidos, o que possibilita a geração do mapa de chuva em um nível de altura constante em tempo real, a figura a seguir mostra a esquematização de um radar meteorológico. Uma vez que, é de suma importância o desempenho de uma boa qualidade nos dados recebidos por meio dos radares, sendo que os mesmos podem ser facilmente descalibrado por se tratar de um instrumento sensível (ANTUNES, 2019).

Figura 7: Esquematização de um radar meteorológico.



Fonte: QUEIROZ, 2008.

2.7 RELAÇÃO INTENSIDADE/DURAÇÃO/FREQUÊNCIA DAS CHUVAS

Para a execução de projetos de obras hidráulicas, assim como para sistemas de drenagem urbana, é de suma importância ter noções básicas sobre as relações que configuram as precipitações mais elevadas, que apresentam elevadas intensidades de relações, conforme a duração e frequência da região ao qual está inserida o projeto em estudo. Este tipo de relações podem ser encontrado por meio da análise da precipitação presente na região conforme o período de tempo longo e que possa apresentar os possíveis eventos extremos da região em estudo (TUCCI, 2012).

De acordo com GONÇALVES (2011), a precipitação de projeto qualifica a variação temporal das chuvas máximas, bem como suas probabilidades de ocorrência: quanto maior a intensidade, menores são as chances de ocorrência do evento.

Através das análises estatísticas dos dados coletados por meio das precipitações pluviométricas, é possível determinar dois tipos de séries, sendo uma série parcial e outra

anual. A série anual permite fazer uma seleção com as mais elevadas precipitações anuais em um intervalo de tempo definido, sendo realizado um ajuste com a distribuição dos valores extremos que se configura de forma melhor com os valores. Desta forma, a escolha do tipo de série que será empregada varia conforme a quantidade da série que se encontra disponível e a finalidade da qual a mesma será empregada (TUCCI, 2012).

Já as séries parciais tem por finalidade objetivar estudos relacionados a séries com uma pequena extensão de anos, geralmente ocorre com dados inferiores a doze anos, com período de retorno inferior a cinco anos, sendo adotado alturas pluviométricas acima de um valor já pré determinado, sem depender do ano que foi realizado a análise (WILKEN, 1978).

Através do estudo da análise estatística dos dados, pode-se construir um gráfico com os dados encontrados, sendo que para cada um período de recorrência é realizado uma curva, que faz a junção entre as intensidades médias máximas no período decorrido. Visando deixar estes cálculos mais facéis, as curvas são configuradas a expressões matemáticas, por meio de uma grande quantidade de análises (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

Conforme ANTUNES (2019), independente da série escolhida e através da relação IDF, os dados gerarão curvas correspondentes aos períodos de retorno das precipitações, onde se relacionam as intensidades médias máximas com suas respectivas durações.

Um caso bastante comum que ocorre no Brasil, é que apesar de conter dados disponíveis por meio do monitoramento de precipitação com auxílio de pluviógrafos, mesmo assim apresentam uma pequena densidade destes equipamentos nas redes, o que acaba dificultando a coleta de dados dos pluviógrafos referente as chuvas, assim como para a obtenção das relações intensidade, duração e frequência de determinadas regiões (SILVA; ARAÚJO, 2013).

2.8 REGIÃO NORDESTE

Segundo FERNANDES; MEDEIROS (2009), o Nordeste Brasileiro (NEB) é uma região que apresenta características limitantes para o seu desenvolvimento, é ocupado quase que em sua totalidade por um tipo de ecossistema único no mundo, a Caatinga.

Segundo MARENGO (1992), a variabilidade do total de precipitação anual nas regiões norte e nordeste da América do Sul está associada ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).

De acordo com SILVA (2006), as regiões semiáridas são caracterizadas, em grande maioria, pela aridez do clima, problemas hídricos e solos com baixa produção devido

à pouca presença de matéria orgânica.

A figura a seguir representa a delimitação do Semiárido brasileiro na região nordeste.

Figura 8: Delimitação do Semiárido do Nordeste.



Fonte: SUDENE, 2017.

De acordo com FERNANDES; MEDEIROS (2009, p. 149):

Esse ecossistema possui características específicas, o que o torna único no mundo. O solo é sílico argiloso, seco, raso quase sem húmus, pedregoso, contendo regular teor de cálcio e potássio. Entre os aspectos meteorológicos, tem-se: a mais alta radiação solar, baixa nebulosidade, a mais alta temperatura média anual, as mais baixas taxas de umidade relativa, evapotranspiração potencial mais elevada e, principalmente,

precipitações baixas e irregulares, limitando-se a um período de três meses consecutivos anuais, o que faz com que quase todos os rios da região se tornem intermitentes. Além disso, a região está sujeita a fenômenos catastróficos como secas e cheias, que interferem de forma decisiva na biota.

As alterações no ciclo hidrológico de uma região são relacionadas com diversos fatores, tais como a própria variabilidade do clima, mudanças causadas por fenômenos naturais ou antrópicos, mas também com fatores não climáticos, como alterações na cobertura e uso do solo (SANDERSON *et al.*, 2002).

Ao falar da história do Nordeste brasileiro (NEB), de imediato já se relaciona este tema com à história da seca. A escassez de água nesta região que é um elemento essencial para à subsistência do homem do campo é uma singularidade deste problema. A seca apresenta diversas formas de impactos, sendo por meio alto índice de desemprego, pobreza e fome, ou pela possível migração das áreas que são atingidas (STUDART, 2003).

Segundo FERREIRA; MELLO (2005), o clima de qualquer região é decretado principalmente pela circulação da atmosfera, ou seja, aquecimento diferencial do globo por radiação solar, topografia da região e distribuição assimétrica dos oceanos e continentes.

A meteorologia desenvolve a várias décadas tentativas de desenvolver métodos científicos capazes de prever o clima da região, seja por métodos estatísticos ou métodos baseados na fenomenologia física. Muitos progressos já tem sido alcançados na compreensão da interação oceano-atmosfera. Entretanto, os mecanismos dinâmicos intervenientes não estão propriamente identificados, devido ao nosso ainda tão limitado conhecimento frente a fenômenos de tão grande complexidade (STUDART, 2003).

2.8.1 Rio Grande do Norte

O estado do Rio Grande do Norte, está situado na região nordestina com uma abrangência de 52796,701 km², constituído por 167 municípios, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). Ainda segundo MMA (2005), o quadro natural do Rio Grande do Norte, principalmente os seus aspectos climáticos e sua cobertura vegetal, são reveladores de características típicas de espaços semi-áridos.

De acordo com JÚNIOR (2021), ocorrência das chuvas, mesmo num curto período do ano, no máximo em seis meses, é o que faz classificar o Semiárido do estado do Rio Grande do Norte (SRN), como uma região semiárida e não árida.

Conforme SANTOS (2022), a evapotranspiração pode ser definida como a perda de água por evaporação do solo e transpiração das plantas. No Semiárido, as taxas de evapotranspiração são superiores às de precipitação, sendo frequente que municípios do interior do estado vivenciem períodos de crises hídricas (SILVA, 2018).

De acordo com a SUDENE (2018), o estado do Rio Grande do Norte abriga 147 municípios na área do Semiárido (49.073 Km²), com uma população de aproximadamente 2 milhões de pessoas

Segundo MMA (2005), o Rio Grande do Norte caracteriza-se por apresentar temperatura média anual em torno de 25,5° C, com máxima de 31,3° C e com uma mínima de 21,1° C, apresentando uma pluviometria bastante irregular e umidade relativa do ar, com variação média anual de 59% a 76%.

2.8.2 Caracterização do Município de Pau dos Ferros

2.8.2.1 Vegetação

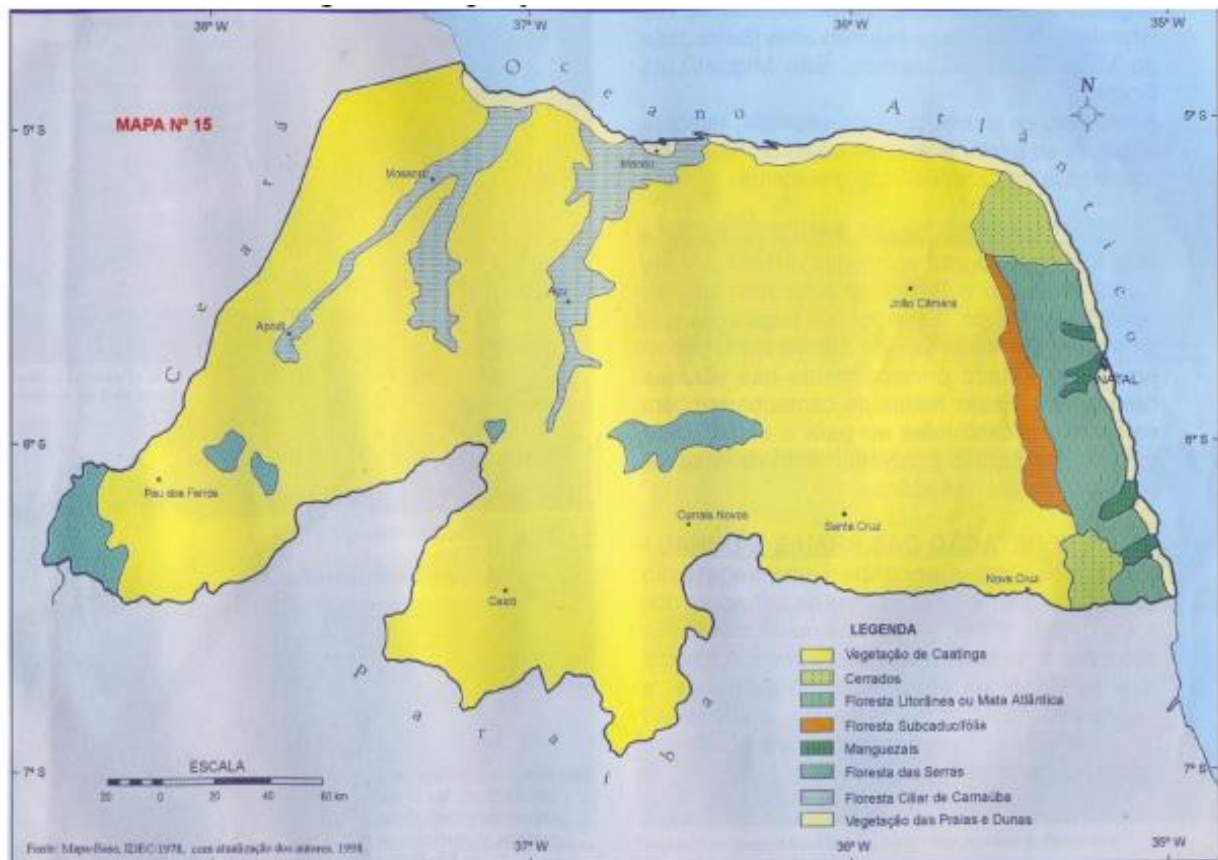
A caatinga apresenta características importantes, em que no período que é considerado como seca na região Nordeste, entre os meses de Julho a dezembro, onde neste período fica completamente sem vegetação verde, dando a aparência de estar morta, porém com a volta do ciclo de chuvas, esta vegetação volta a florescer com abundância (PGB, 2014).

Segundo COSTA (2010), a formação caatinga preponderante no município é a hiperxerófila e se caracteriza-se em uma vegetação de caráter mais seco, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhado.

O Bona Caatinga hipoxerófila é constituído basicamente por árvores e arbustos, onde a sua presença é visualizada no Agreste e em áreas de clima Subúmido seco e com transição para o Semi-árido. Este tipo de bona caracteriza-se por conter uma vegetação de um porte menor, características secas, rala e resistente a grandes períodos de estiagem, sendo considerado típico de solos pedregosos, rasos e com pouca fertilidade, sendo típico das áreas quentes e secas que se encontram no semi-árido potiguar.

De acordo com COSTA (2010), o município de Pau dos Ferros está contido no bioma do tipo caatinga e está ligado diretamente ao sub- grupo Caatinga Hiperxerófila). Na figura a seguir é possível observar o tipo de vegetação predominante no estado do Rio Grande do Norte, assim como no município da área de estudo (Figura 9).

Figura 9: Vegetação do estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: FELIPE; CARVALHO, 1999.

A vegetação é representada também por inúmeras cactáceas e plantas de menor porte, destacando-se o faveleiro, marmeleiro, jurema-preta, mufumbo, xique-xique e facheiro (IDEMA, 2005).

2.8.2.2 Solos

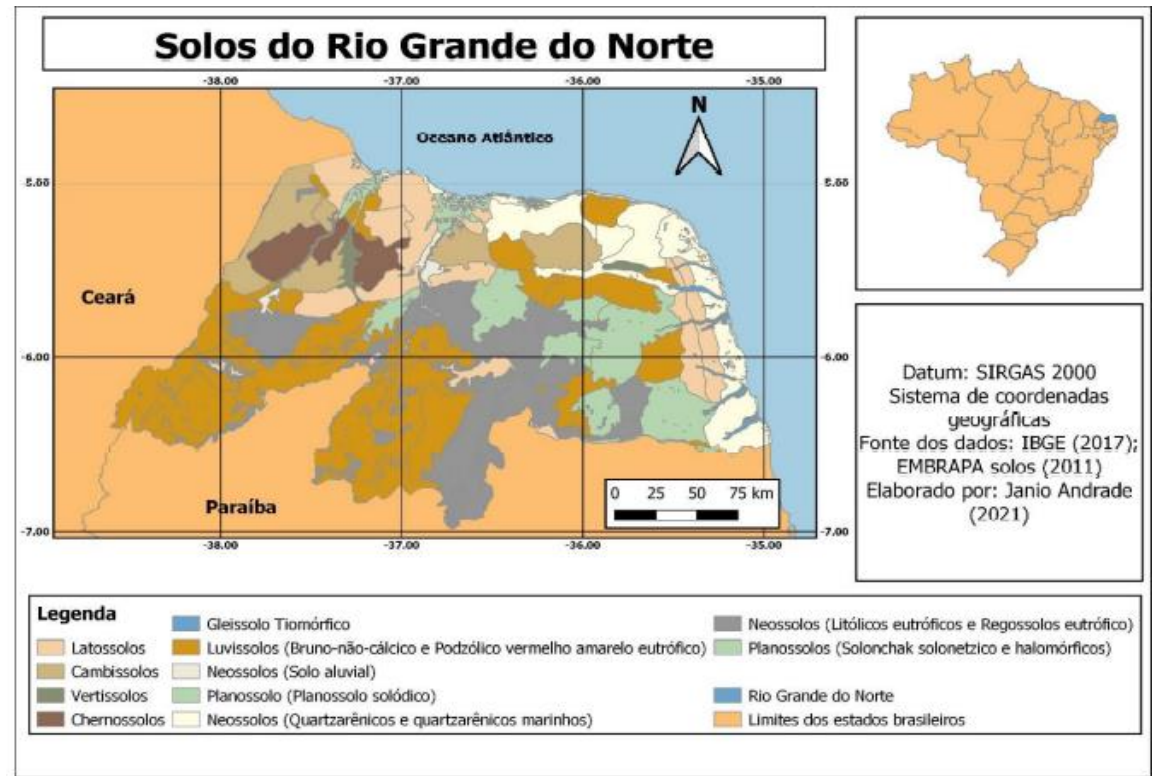
Segundo a EMBRAPA, o município de Pau dos Ferros é constituído por três tipos principais de solos, sendo eles: o argissolo ou vermelho-amarelo, luvisolo ou bruno não cálcico e chernossolo ou rendizna. Com predomínio do solo vermelho-amarelo.

De acordo com o IDEMA, o tipo de solo vermelho-amarelo apresenta fertilidade alta, textura média e média cacalhenta, onde este solo é restrito a culturas resistentes à seca, recomendado o uso intensivo de práticas de controle de erosão.

De acordo com o IDEMA, o tipo de solo vermelho-amarelo apresenta fertilidade alta, textura média e média cacalhenta, onde este solo é restrito a culturas resistentes à seca, recomendado o uso intensivo de práticas de controle de erosão.

Através da Figura 10, é possível identificar os tipos de solos presentes no Estado do Rio Grande do Norte, assim como os tipos de solo presentes no município de Pau dos Ferros.

Figura 10: Mapa dos solos de Pau dos Ferros-RN.



Fonte: JUNIOR, 2021.

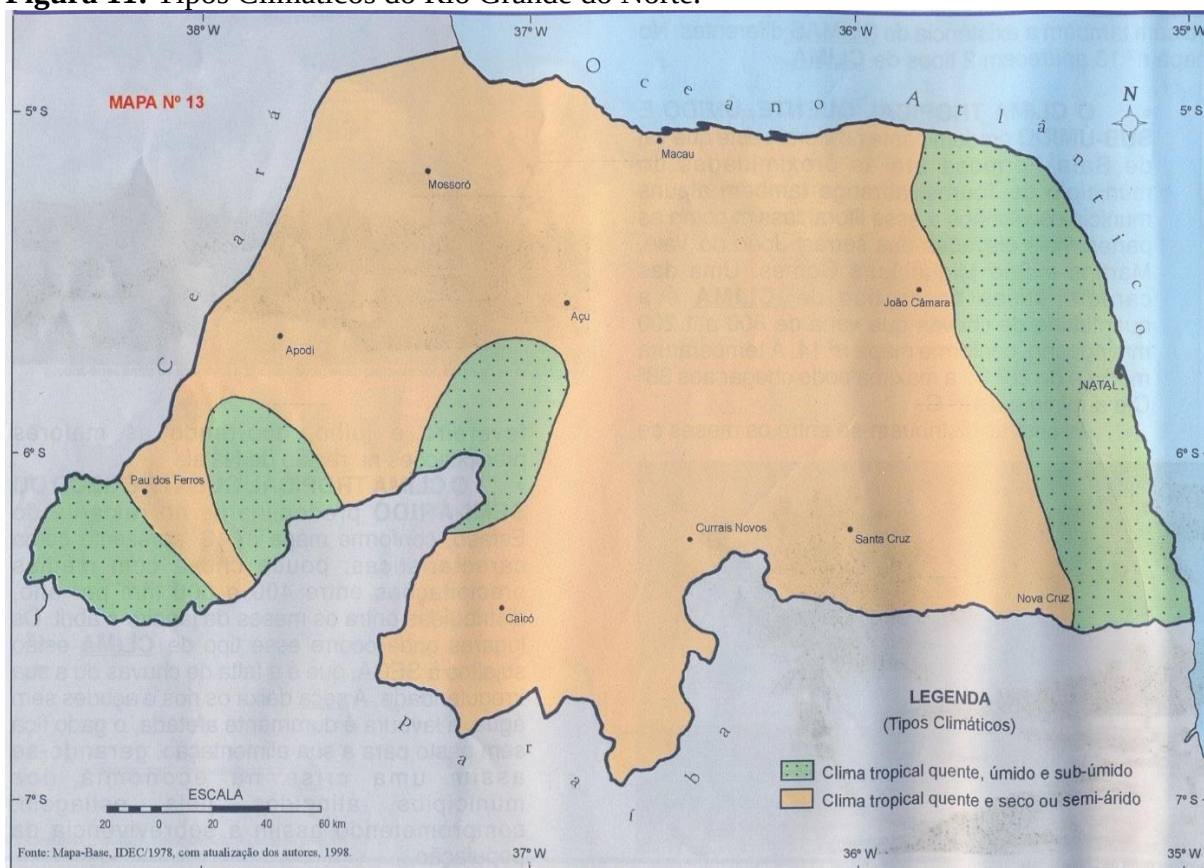
2.8.2.3 Clima

De acordo com COSTA (2010), o município de Pau dos Ferros, caracteriza-se por apresentar um clima bastante quente e semiárido, com estação chuvosa atrasando-se para o outono. Pelo fato do município está localizado entre serras, faz com que o mesmo contenha uma temperatura média do ar mais elevada no período do verão.

Ao tratar das condições climáticas, o estado do Rio Grande do Norte caracteriza-se por representar um índice pluviométrico com bastante variações, relacionado em termos de quantidade e período, apresentando umidade relativa do ar, também com variação média anual entre 59% a 76%.

De maneira geral, os tipos de clima que ocorrem no Estado podem ser classificados em Tropical Quente, Úmido e Subúmido, e Tropical Quente e Seco ou Semi-árido, conforme a figura abaixo (FELIPE; CARVALHO, 1999).

Figura 11: Tipos Climáticos do Rio Grande do Norte.



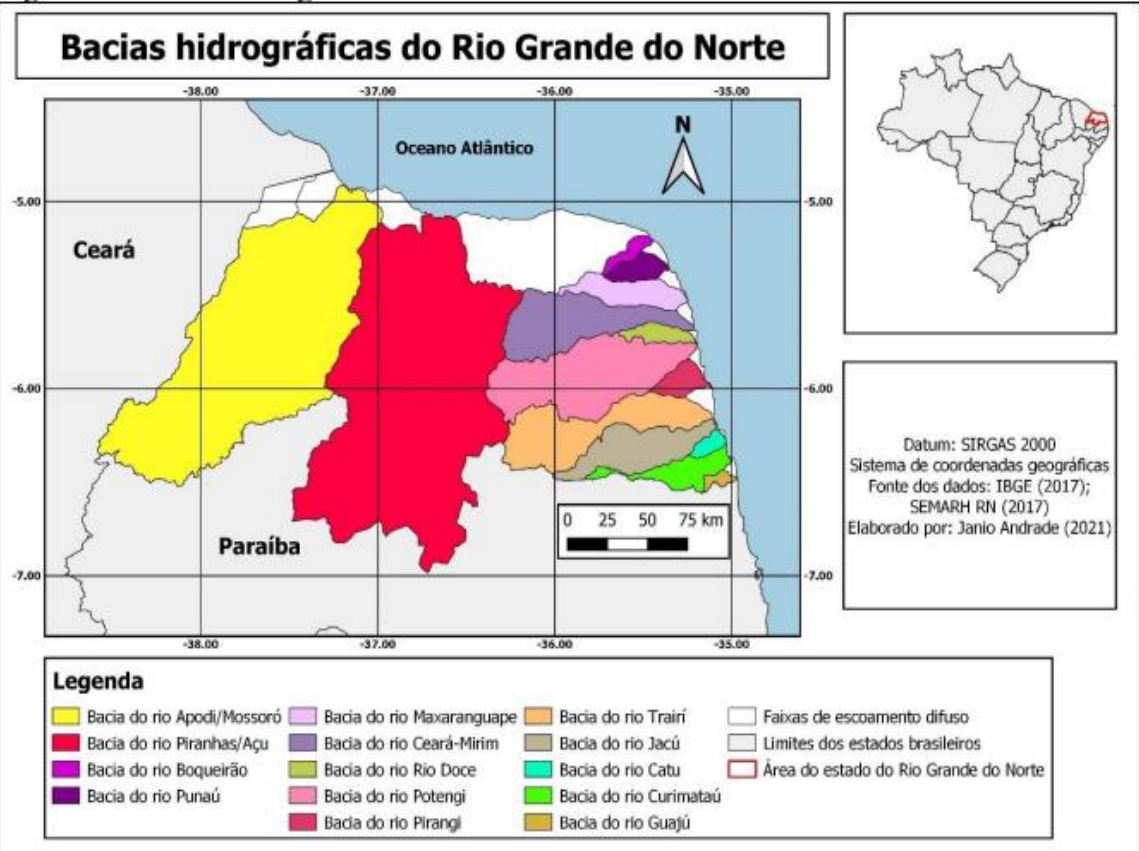
Fonte: FELIPE; CARVALHO, 1999.

O tipo de Clima Tropical Quente e Seco ou Semi-Árido está presente em quase todo o estado potiguar, assim como todo o seu interior do território estadual, chegando a abranger até o Litoral Setentrional. Este tipo de clima é o que está presente no município em estudo, por se tratar de um tipo climático por apresentar altas temperaturas, associado com a escassez e irregularidade das precipitações pluviométricas, o que acaba possibilitando a ocorrência do surgimento de um período chuvoso entre os meses de janeiro a abril. Uma vez que, a média de precipitação de chuvas é bastante variadas, para algumas áreas centrais do Estado, ou até mesmo apresentar índices um pouco mais elevados. As regiões inseridas neste tipo de clima são ciclicamente afetadas pelo fenômeno da seca, quando as precipitações pluviométricas são acentuadamente bastante baixas, situação que pode se estender por alguns meses ou ocorrer o prolongamento por vários anos seguidos.

2.8.2.4 Hidrologia

Através da figura abaixo, é possível identificar as bacias hidrográficas presentes no Estado do Rio Grande do Norte, assim como a bacia que corta o município de Pau dos Ferros.

Figura 12: Bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte.



Fonte: JUNIOR, 2021.

Uma das principais bacias do Estado, é a bacia do Rio Apodi – Mossoró, que atravessa todo o delineamento do semi-árido, devido à escassez e associado com irregularidade das chuvas juntamente com à elevada evaporação, que possibilita a perda de uma grande parte da água que se encontra acumulada, na forma de rios intermitentes.

Está bacia hidrográfica é apontada como o rio que apresenta a maior extensão presente no estado do Rio Grande do Norte, tendo o surgimento da sua nascente na Serra das Queimadas, no município de Luís Gomes – RN, uma vez que este rio cruza toda a Chapada do Apodi até chegar no município de Mossoró, conhecido popularmente como o Rio Mossoró, sendo que forma posterior, o mesmo desboca no Oceano Atlântico, apresentando a sua localização da foz do município de Areia Branca – RN (IDEMA, 2005).

A bacia hidrográfica do Rio Apodi – Mossoró está inserida em um lugar bastante comum ao aumento significativo de novas habitações ao longo do leito do rio, que na maioria das vezes, provindas de situações antrópicas, por meio do mau uso, sendo de forma desorganizada, proporcionando assim, mudanças na paisagem do local, como também pelo fato de deixar o solo fraco e impróprio para desenvolver atividades.

2.9 BIOMA CAATINGA

O nome “caatinga” é de origem Tupi-Guarani e significa “floresta branca”, que caracteriza bem o aspecto da vegetação na estação seca, quando as folhas caem e apenas os troncos brancos e brilhosos das árvores e arbustos permanecem na paisagem seca. (LEAL *et al.* 2003).

Conforme LEITÃO (2013), a caatinga trata-se de um tipo de vegetação que tem fauna e flora com grande diversidade de espécies e cobre a maior parte da área com clima Semiárido, principalmente da Região Nordeste.

De acordo com MAIA (2004), como uma mata ou floresta branca, cuja vegetação durante o período seco de setembro a dezembro tem um aspecto branco ou prateado.

Segundo MONTENEGRO (2013), os fenômenos catastróficos são muito frequentes, tais como secas e cheias, que, sem dúvida alguma, tem modelado a vida animal e vegetal particular das Caatingas.

A caatinga é apontada pelos pesquisadores como um dos biomas mais vulneráveis às mudanças climáticas associadas aos efeitos de aquecimento global e pela exploração pelo homem de forma desordenada e insustentável (LEITÃO, 2013).

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022), a região semiárida do Brasil, se caracteriza por clima seco, com baixos índices pluviométricos, rios temporários, alta evapotranspiração e compreende nove estados brasileiros, ao qual está inserido o estado do Rio Grande do Norte, e consequentemente o município em estudo.

Conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013), o bioma caatinga é o único exclusivamente brasileiro, possui extensão territorial de 844.453 quilômetros quadrados, o que corresponde a aproximadamente 11% do território nacional.

Segundo GARIGLIO (2010, p.31), A disponibilidade hídrica, por outro lado, não só é limitante quanto extremamente variável no tempo e no espaço. Essa variabilidade origina-se de quatro causas principais:

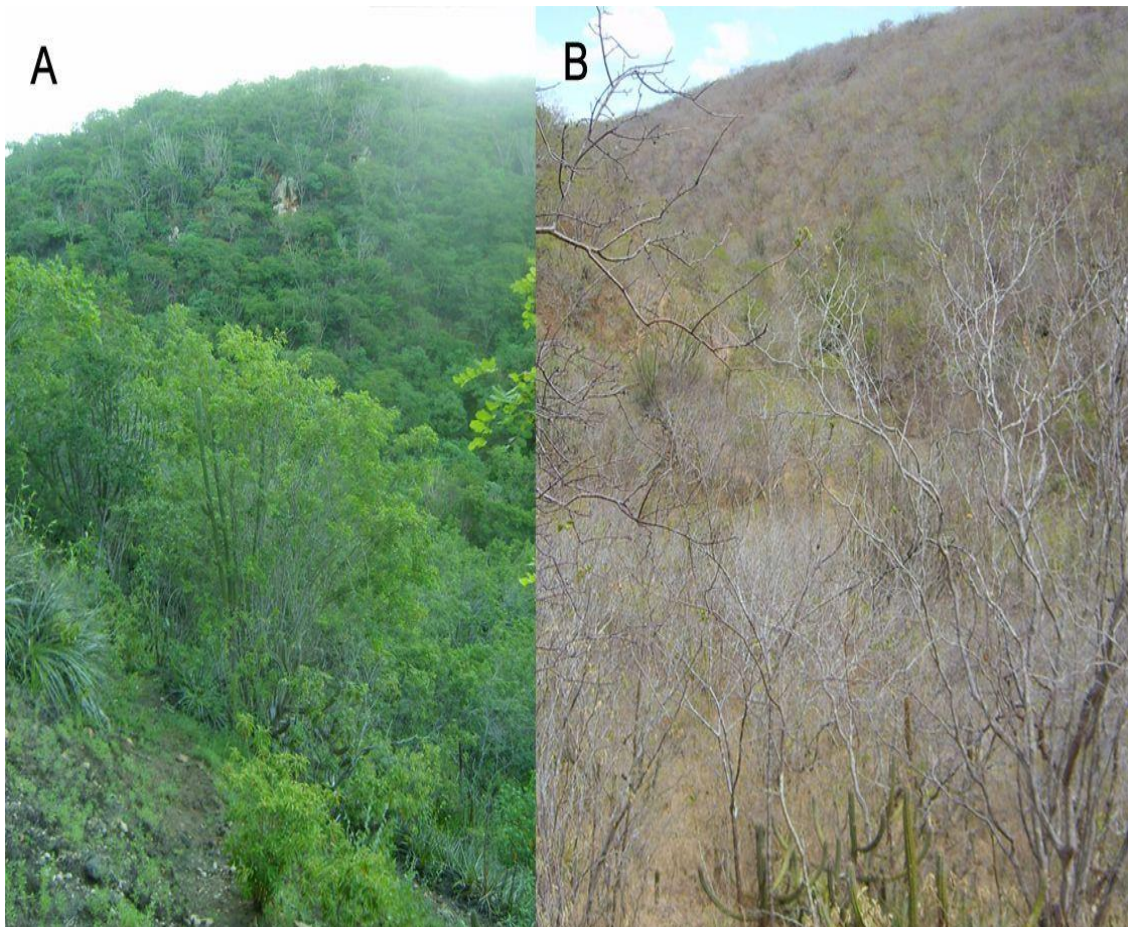
(i) Sistema muito complexo da formação das chuvas, com frentes que vêm de vários quadrantes e que vão perdendo sua força à medida que penetram no núcleo do Semi-Árido, resultando em chuvas erráticas e concentradas em poucos meses do ano e em anos chuvosos alternados irregularmente com anos de secas; (ii) disposição orográfica, com serras e chapadas mais altas interceptando as frentes mais úmidas, recebendo mais chuvas que o entorno e criando zonas pouco chuvosas a sotavento;

(iii) escoamento das águas, deixando as encostas mais secas e concentrando-se nos vales, formando lagoas e rios, no mais das vezes temporários, mas onde a disponibilidade hídrica estende-se por semanas e até meses depois que as chuvas cessam; e (iv) variabilidade dos solos, com maior ou menor capacidade de reter as águas das chuvas, por conta de diferentes profundidades e texturas.

As altitudes são relativamente baixas, portanto, as temperaturas são altas e pouco variáveis, espacial e temporalmente, com médias anuais entre 25°C e 30°C e poucos graus de diferença entre as médias dos meses mais frios e mais quentes (SAMPAIO, 2003).

De acordo com MONTENEGRO (2013), o bioma da Caatinga pode ser considerado um dos mais ameaçados do Brasil. O mau uso dos seus recursos tem causado danos irreversíveis a este bioma. A figura a seguir, mostra respectivamente o bioma caatinga no período chuvoso e no período de estiagem.

Figura 13: Caatinga no período chuvoso (A) e seco (B).



Fonte: SILVA, 2022.

Segundo MONTENEGRO (2013), os autores supramencionados, expõe as riquezas da Caatinga, mostrando que a mesma possui grande potencial, enorme variedade de espécies endêmicas, ricos recursos naturais, etc.

Conforme JUNIOR (2021), a característica do Semiárido nordestino de sazonalidade climática (curta estação chuvosa e longa estação seca) repercute alterações na caatinga, condicionando a este tipo de vegetação a ser um bioindicador do período chuvoso e seco na região.

2.10 FATORES QUE INFLUENCIAM NA PRECIPITAÇÃO

Segundo TUCCI (2002), variabilidade climática, são as variações de clima em função dos condicionantes naturais do globo terrestre e suas interações. Enquanto modificação climática, são as alterações da variabilidade climática devido as atividades humanas. Conforme PENA (2022), os principais fatores climáticos são: latitude, altitude, maritimidade e continentalidade, massas de ar, vegetação, correntes marítimas e até o relevo.

Em relação ao desmatamento, TUCCI (2002), retrata alterações da precipitação devido ao desmatamento, com a retirada da floresta, os fluxos envolvidos no ciclo hidrológico se alteram, ocorrendo o seguinte:

- Aumento do albedo, a floresta absorve maior radiação de onda curta e reflete menos;
- Maiores flutuações da temperatura e déficit de tensão de vapor das superfícies das áreas desmatadas;
- O volume evaporado é menor devido a redução da interceptação vegetal pela retirada da vegetação das árvores;
- Menor variabilidade da umidade das camadas profundas do solo, já que a floresta pode retirar umidade de profundidades superiores a 3,6 m, enquanto que a vegetação rasteira como pasto age sobre profundidades de cerca de 20 cm.

Segundo PENA (2022), o homem acaba se tornando um dos agentes mais intensos de transformação do clima. Ele pode ser responsável tanto por fenômenos climáticos mais localizados (ilhas de calor, inversão térmica e outros) quanto por processos mais amplos e diversificados.

Em relação aos impactos da urbanização, Segundo TUCCI (2002), conforme as cidades se urbaniza, ocorre de forma geral, os seguintes impactos: Aumento das vazões

médias de cheia devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies; Aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo); Dentre outros elementos.

De acordo com CARVALHO; SILVA (2006), A precipitação tem efeito direto sobre a erosão do solo, em inundações em áreas urbanas e rurais, obras hidráulicas, entre outras.

Segundo TUCCI (2002), Impacto do desenvolvimento urbano no ciclo hidrológico: O desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal provocando vários efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural.

Segundo CARVALHO; SILVA (2006), com relação à conservação do solo, além das precipitações máximas com vistas ao dimensionamento de estruturas de contenção do escoamento superficial, a erosividade das chuvas tem grande importância, pois está diretamente relacionada com a erosão do solo.

Conforme TUCCI (2002), a modificação climática devido ao efeito estufa causado pela emissão de gases provocada pelas atividades humanas pode criar efeitos ambientais adversos (para a população). Quanto a precipitação, tem-se:

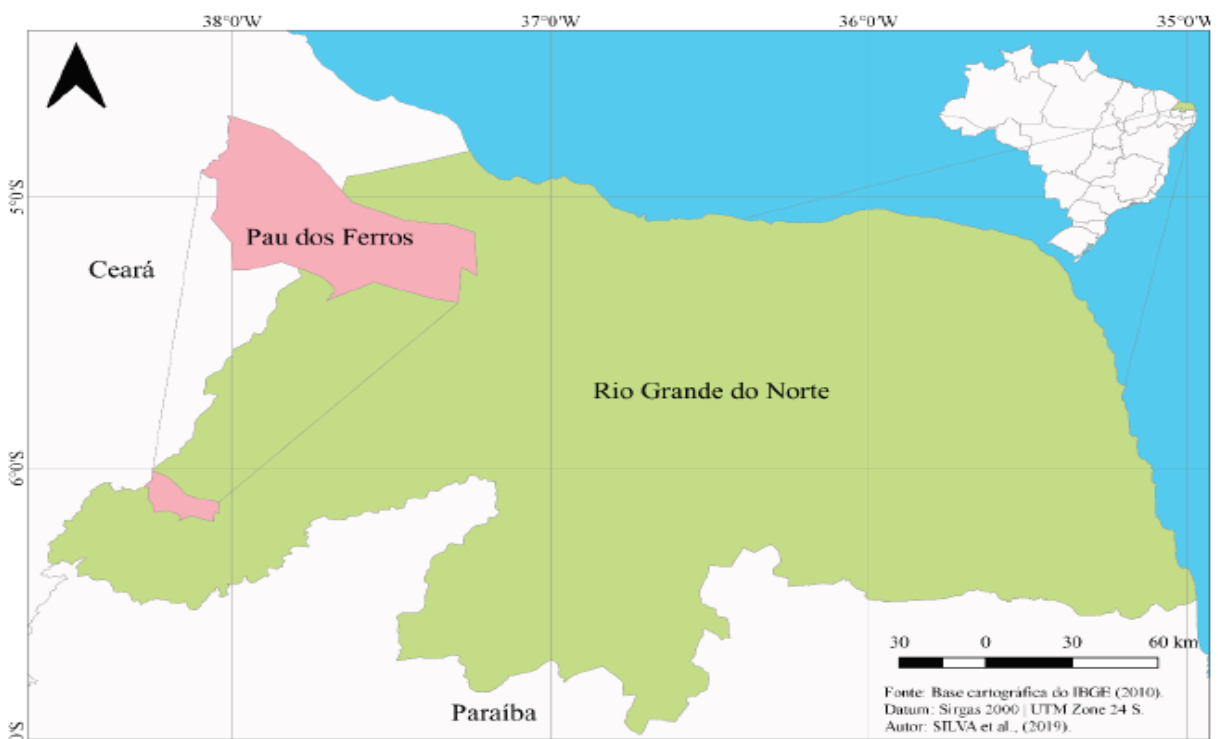
- É muito provável que a precipitação tenha aumentado de 0,5 a 1% por década no século vinte para a maioria das latitudes médias e altas do Hemisfério Norte e é provável que a precipitação tenha aumentado de 0,2 a 0,3% por década na região tropical entre 10° N e 10° S;
- É provável que a precipitação tenha diminuído 0,3% por década, na maioria do Hemisférios Norte sub-tropical entre latitudes de 10° e 30°;
- Nas médias e altas altitudes do hemisfério Norte para a última metade do século vinte é provável que tenha ocorrido um aumento de 2 a 4% de aumento na frequência de ocorrência de precipitações intensas.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A localidade da área de estudo é o município de Pau dos Ferros – RN (Figura 14), situado na mesoregião Oeste Potiguar, localizado no Estado do Rio Grande do Norte, incluído no Polígono das Secas, localizado a 391,2 km de Natal, capital do estado, ao qual este município é sede de um dos *campi* da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Situando-se a 6°10'91,31'' de latitude sul e 38°19'88,04'' de longitude oeste.

Figura 14: Localização do município de Pau dos Ferros.



FONTE: SILVA *et al.*, 2019.

De acordo com o Instituto Brasileiro, de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), no último censo (2021), o município possuía 27.475 habitantes e uma estimativa populacional de 30.802 para o ano de 2021, contando com uma área territorial de 259.959 km². A área de estudo é considerado como a principal cidade do Alto Oeste Potiguar, destacando-se das demais cidades circunvizinhas, por ser considerada uma cidade comercial regional com grande volume de negócios, sendo referência na educação por conter Instituto Federal e Univerdides e ofertar serviços variados como saúde, jurídicos, bancários, dentre outros.

Segundo MMA (2005), o Rio Grande do Norte caracteriza-se por apresentar

temperatura média anual em torno de 25,5° C, com máxima de 31,3° C e mínima de 21,1° C, pluviometria bastante irregular e umidade relativa do ar, contendo uma variação média anual de 59% a 76%.

A cidade de Pau dos Ferros apresenta o predomínio do clima Semi-Árido, característico de quase todo o interior do estado do Rio Grande do Norte, chegando a atingir até o Litoral Setentrional. O clima Semi-Árido é caracterizado por apresentar altas temperaturas, escassez e irregularidade das precipitações pluviométricas, geralmente apresenta o período chuvoso entre os meses de janeiro a abril. Para esta região configura-se uma média de precipitação de chuvas de forma variável, em torno de 400 a 600 mm. O predomínio deste clima presente nesta região implica no fenômeno da seca, que se caracteriza pelas precipitações serem acentuadamente reduzidas, onde pode se prolongar por alguns meses ou se estender por anos consecutivos (MMA, 2005).

3.2 DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE

Com base no exposto, visto que é de suma importância do conhecimento da intensidade e periodicidade das chuvas para a região Nordeste, onde está inserido o município de Pau dos Ferros/RN, onde esse trabalho visa propor uma análise estatística referente a série histórica de chuvas intensas juntamente com o volume máximo precipitado anualmente, assim como determinar o período de retorno, será executado de forma inicial uma coleta em um banco de dados pluviométricos diários do município ao qual compreende a área em estudo, em um período temporal de 58 anos, entre os anos de 1964 a 2021, disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN).

Para que um trabalho seja elaborado com informações climáticas concretas e com precisão, é necessário dispor de uma análise de série histórica, para determinar a ocorrência de fenômenos de chuvas máximas em um determinado intervalo de tempo para uma região e possibilitar uma possível previsão do período de retorno deste evento. Desta forma, para execução dos cálculos e análise dos resultados referentes aos dados estatísticos disponibilizados, será usado o software Microsoft Office Excel.

3.2.1 Distribuição de Gumbel

Quando trata-se de séries de valores extremos anuais, a distribuição de Gumbel possibilita melhores resultados e é de uso generalizado em hidrologia.

A Equação 1, representa a função cumulativa de probabilidade de Gumbel:

$$P(x) = 1 - e^{(-e^{(-\alpha*(X-\mu))})} \quad (1)$$

Em que $P(X)$ representa a função cumulativa de probabilidade, α e μ são os parâmetros da equação e X é a variável aleatória em mm.

Posteriormente é realizado o cálculo do tempo de retorno ou ainda o intervalo médio de recorrência de eventos máximos e/ou mínimos de chuva, que pode ser interpretado como sendo o que representa o tempo estimado em que determinado volume de chuva possa acontecer novamente em um determinado período de tempo.

A Equação 2, representa a estimativa do período de retorno:

$$TR = \frac{1}{1-P(x)} * 100 \quad (2)$$

Onde TR representa o tempo de retorno e P a probabilidade de ocorrência do fenômeno (valor unitário).

O método dos momentos é utilizado para complementar a estimação dos parâmetros necessários, conforme as equações a seguir:

$$\alpha = \frac{1,2826}{S} \quad (3)$$

$$\mu = \bar{X} - 0,451 * S \quad (4)$$

Em que $\bar{X}$ é a precipitação média do período dado em mm e S é desvio padrão dos valores amostrados em mm.

Existem variados tipos de aderência, que são usados com a finalidade de verificar se uma determinada variação teórica de probabilidade se ajusta de forma adequada ou não aos dados amostrais. Para o desenvolvimento deste estudo, será utilizado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, calculado pelo método dos momentos, ao nível de 5% de probabilidade, conforme a equação a seguir:

$$D_{\max} = \max|F'(X) - F(X)| \quad (5)$$

Em que $D_{\max}$ representa o valor da estatística-teste que corresponde a diferença

máxima absoluta entre a distribuição teórica de um modelo assumido e a função distribuição empírica, $F'(X)$ é a distribuição de probabilidade teórica e $F(X)$ é a distribuição de probabilidade empírica (observada).

A equação do $F(X)$ pode ser representada pela seguinte equação:

$$F(X) = \frac{m}{n+1} \quad (6)$$

Em que m é a ordem e n corresponde ao tamanho da amostra.

A equação do $F(X)$ pode ser representada pela seguinte equação:

$$F'(X) = e^{-e^{\frac{(\bar{X}-\alpha)}{\beta}}} \quad (7)$$

Em que $F'(X)$ é a função cumulativa de probabilidade, α e β são os parâmetros da equação.

A estimação dos parâmetros necessários, são representados conforme as equações a seguir:

$$\alpha = \bar{X} - 0,5772 * \beta \quad (8)$$

$$\beta = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S \quad (9)$$

Em que $\bar{X}$ é a média da amostra em mm e S é o desvio padrão da amostra em mm. Já α e β são os parâmetros da equação.

Através das séries históricas, pode ser calculada a frequência de ocorrência de chuvas para o local de estudo, onde pode ser determinado pela metodologia apresentada por Kimball, sendo executada através da distribuição cumulativa empírica, realizado pela ordenação crescente/decrecente dos valores de chuva, para calcular a probabilidade de ocorrência de chuva observada (PEREIRA *et al.* 2007).

3.2.2 Distribuição Gama

A determinação de diferentes níveis de probabilidade de precipitação foi realizada usando o modelo probabilístico de Gama incompleta feito por Thom (1958), conforme a

Equação 10.

$$\Gamma(\alpha + 1) = \sqrt{2\pi\alpha} * \alpha^\alpha * e^\alpha * \left(1 + \frac{1}{12*\alpha} + \frac{1}{288*\alpha^2} + \frac{139}{51840*\alpha^3}\right) \quad (10)$$

Em que e representa base do logaritmo neperiano e X a precipitação em mm .

O método dos momentos é utilizado para complementar a estimação dos parâmetros necessários, conforme as equações a seguir:

$$\alpha = \frac{\bar{X}^2}{S^2} \quad (11)$$

$$\beta = \frac{S^2}{\bar{X}} \quad (12)$$

Em que α representa o parâmetro de forma (adimensional), β é o parâmetro de escala em mm , $\bar{X}$ é a precipitação média do período dado em mm e S é a variância dado em mm^2 .

3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos disposto no seguinte estudo será classificado em duas análises, sendo uma análise constituída por uma revisão bibliográfica, que visa realizar uma revisão da literatura, buscando estudos que adotem o desenvolvimento de mecanismos ligados a estimativas de elevados valores de precipitações pluviométricas, por a região em estudo está inserida na região Nordeste do Brasil. A segunda análise, trata-se de um diagnóstico em que será analisado uma série histórica de intensidade máxima de chuva, assim como o seu período de retorno para o município de Pau dos Ferros/RN, ao qual encontra-se um campus da UFERSA implantado, onde será determinado medidas estatísticas para este local.

Tendo em vista que a revisão bibliográfica trata-se de uma pesquisa realizada com base em fontes secundárias, por meio de revistas, jornais, livros, dissertações, trabalho de conclusão de curso, artigos, dentre outros, com o intuito de fomentar uma melhor compreensão sobre as principais ideias que irão nortear este trabalho. Desta forma, será desempenhado uma pesquisa na literatura, tanto nacional como internacional, afim de obter dados apropriados para a elaboração deste trabalho.

Desta forma, foram encontradas várias pesquisas nesta área de estudo, com destaque para região Nordeste do Brasil, onde resultou na identificação de trabalhos publicados

em periódicos científicos, de acordo com o Quadro 1 apresentando os principais artigos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

Quadro 1 – Artigos selecionados para o desenvolvimento da pesquisa.

Título	Autor	Ano	Citação
Estudo da relação intensidade-duração-frequência das precipitações pelo método Kimbal para o município de Manaus – AM.	ANTUNES	2019	ANTUNES, 2019.
Análise da precipitação máxima e relação intensidade-duração-frequência para Mossoró-RN.	BARRETO, SANTOS, FREIRE, SOBRINHO, BARRETO.	2013	BARRETO <i>et al.</i> , 2013.
Probabilidade de ocorrência de chuvas extremas para região de Inconfidentes – MG.	CAETANO, BARBOSA.	2019	CAETANO; BARBOSA, 2019.
Relações Intensidade-Duração-Frequência com base em estimativas de precipitação por satélite.	GONÇALVES.	2011	GONÇALVES, 2011.
Análise da precipitação no semiárido do Rio Grande do Norte em períodos de chuvas abaixo da média.	JÚNIOR.	2021	JÚNIOR, 2021.
Avaliação preliminar da relação intensidade-duração-frequência pelo método Kimbal e obtenção dos coeficientes de desagregação para diferentes durações de precipitação. Estudo de caso: Coronel Pacheco – MG.	LOPES.	2017	LOPES, 2017.
Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas.	MELLO, SILVA.	2013	MELLO; SILVA, 2013.

Análise da Vulnerabilidade Físico-Ambiental causada pelas chuvas intensas na Região Metropolitana de Maceió.	NASCIMENTO, LOMBARDO, JÚNIOR, ANDRADE.	2018	NASCIMENTO <i>et al.</i> , 2018.
Probabilidade de ocorrência de chuva em municípios do semiárido pernambucano.	NOGUEIRA, QUEIROZ, PEREIRA, SILVA, JARDI, SILVA.	2016	NOGUEIRA <i>et al.</i> , 2016.
Meteorologia Agrícola.	PEREIRA, ANGELOCCL, SENTELHAS.	2007	PEREIRA; ANGELOCCL; SENTELHAS, 2007.
Precipitações máximas para o município de Mossoró de 1964 a 2011 pela distribuição de Gumbel.	SANTOS, MESQUITA, BATISTA, BATISTA, ALVES.	2014	SANTOS <i>et al.</i> , 2014.
Mapeamento de Chuvas Intensas para o Estado do Tocantins.	SILVA; VIOLA; MELO; ALVES; SILVA; PEREIRA.	2020	SILVA <i>et al.</i> , 2020.
Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN.	SOBRINHO; PEREIRA; OLIVEIRA; SANTOS; SILVA; MANIÇOBA.	2011	SOBRINHO <i>et al.</i> , 2011.
Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE.	SOUZA; AZEVEDO.	2018	SOUZA; AZEVEDO, 2018.
A note on the gama distribution.	THOM.	1958	THOM, 1958.

Fonte: Autor, 2022.

Para os estudos realizados por meio dos artigos mencionados anteriormente, 14 deles são nacionais e apenas um é internacional. Desta forma, fica evidente a necessidade de maior abrangência para os trabalhos realizados no Brasil sobre esse tema, sendo que, ao atingir um nível internacional, possibilitando assim o compartilhamento das pesquisas desenvolvidas no Brasil para demais localidades do mundo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A série histórica de dados foi organizada e processada em planilha eletrônica Microsoft Office Excel em escala anual e mensal. O resumo do período e quantidade de anos analisados, assim como a localização geográfica do município em estudo pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1: Resumo do Município de Pau dos Ferros/RN.

Município	Pau dos Ferros
Série Histórica	1964 – 2021
Número de anos analisados	58 anos
Latitude	06°10'91,31'' S
Longitude	38°19'88,0'' O
Altitude	193 m

Fonte: Autor, 2022.

Através do estudo da série climatológica de precipitação pluviométrica para o município de Pau dos Ferros – RN, foi possível observar uma grande variabilidade da precipitação entre os anos observados de 1964 até 2021, bem como identificar os valores extremos de máximas e mínimas precipitações já ocorridas neste local, visto que foi possível verificar que a maior lâmina d'água precipitada em um único dia, foi registrada no ano de 1982, com uma precipitação de 147,80 mm no mês de Abril, sendo a maior precipitação anual para a série histórica em estudo. Já para a menor lâmina d'água precipitada em um único dia, foi registrado uma precipitação de 26,70 mm, para o ano de 1989 no mês Maio. Vale ressaltar que essas precipitações de valores extremos de máximas e mínimas foram observadas através de uma planilha no excel, organizando de forma decrescente da maior para a menor precipitação registrado no decorrer da série histórica com as maiores precipitações de cada ano.

Segundo o estudo realizado por BARRETO *et al.* (2013) no município de Mossoró/RN, a maior precipitação diária anual registrada foi de 141,00 mm no ano de 1964, enquanto que a menor precipitação diária foi de 19,40 mm no ano de 1993, no qual a mínima foi menor que o encontrado nesta pesquisa e a máxima também foi menor.

Analisando a precipitação anual, com os valores total de chuva precipitado no decorrer de cada ano da série histórica, tem-se que a precipitação mínima anual ocorrida foi de 212,60 mm e ocorreu no ano de 1993, já a máxima foi de 1.505,60 mm ocorrendo no ano de 1974.

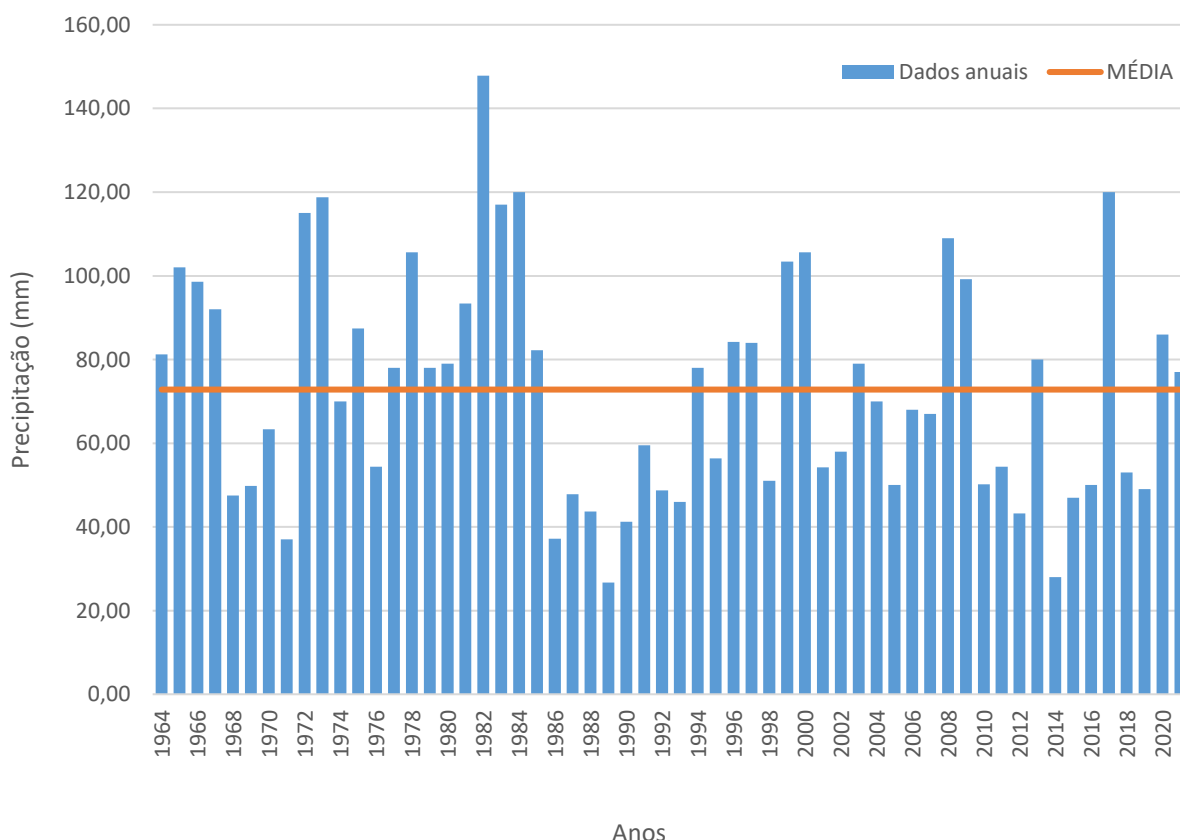
A média anual obtida durante os 57 anos foi de 754,85 mm.

De acordo com estudo realizado em 5 municípios (Flores, Floresta, Salgueiro, São José do Belmonte e Serra Talhada) na região semi-árida permabucama por NOGUEIRA *et al.* (2016), Os valores médios de chuva para os 5 municípios em análise estão dentro da faixa característica da região Semiárida, a qual apresenta regime pluviométrico variando entre 400 e 800 mm.

De acordo com o estudo realizado por BARRETO *et al.* (2013) no município de Mossoró/RN, tem-se que a precipitação mínima anual foi de 144,20 mm no ano de 1993, já a máxima precipitação foi de 2.065,70 mm no ano de 1985, no qual a menor precipitação foi inferior que ao encontrado nesta pesquisa e a máxima foi superada.

Desta forma, foi possível realizar uma análise que 48,28 % dos dados anuais encontrados, ficaram acima da média, correspondendo a 28 anos, enquanto 51,72 % ficaram abaixo da média correspondendo a 30 anos. A figura seguir apresenta a precipitação para a série histórica avaliada em períodos de 2 anos.

Figura 15: Precipitações anuais.



Fonte: Autor, 2022.

Para a realização do cálculo dos parâmetros α (alfa) e μ (micron), foi empregado o método dos momentos conforme as equações 3 e 4, no qual foram obtidos os seguintes valores para os referidos parâmetros, sendo o valor de alfa igual a 0,0475 e o valor de micron igual a 61,2526.

Na Tabela a seguir é apresentado um resumo estatístico com as precipitações máximas diárias e anuais para série pluviométrica em estudo.

Tabela 02: Resumo estatístico das precipitações em Pau dos Ferros/RN.

Média diária	73,42 (mm)
Média anual	754,85 (mm)
Desvio Padrão	66,71 (mm)
Máxima diária	147,80 (mm)
Mínima diária	26,70 (mm)
Máxima anual	1505, 20 (mm)

Fonte: Autor, 2022.

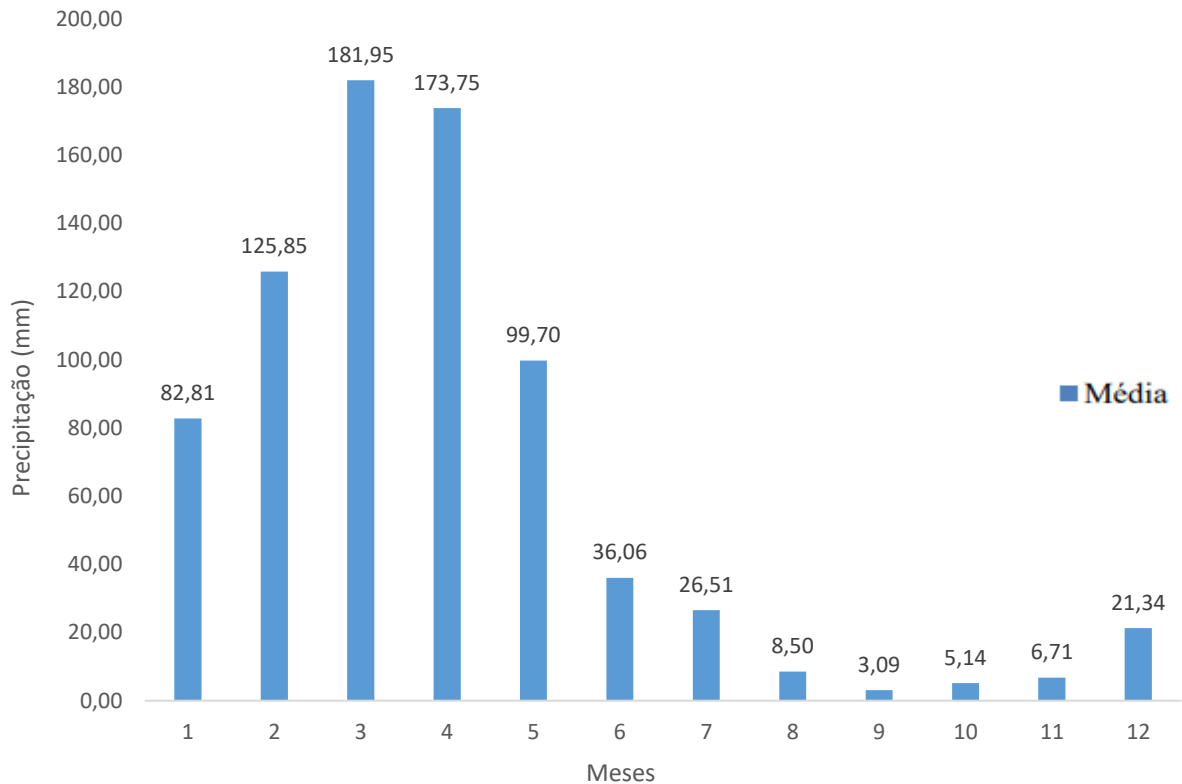
Conforme os valores obtidos para as estimativas da precipitação máxima provável, através dos métodos dos momentos para determinação dos parâmetros da equação de Gumbel para cada período de retorno, é esperado que a obtenção para a precipitação máxima diária seja igual a média igualada ou acima da média (SANTOS, *et al.*, 2014).

O período de retorno ou tempo de recorrência de um evento é o tempo médio em anos em que esse evento é superado ou igualado pelo menor uma vez. Desta forma, através dos parâmetros da equação de Gumbel, foi possível determinar que a maior precipitação máxima diária registrada na série histórica em estudo no ano de 1982 com uma precipitação de 147,80 mm, está previsto acontecer novamamente com 98,4 anos. Enquanto que a menor precipitação máxima diária registrada foi no ano de 1989 com 26,70 mm, está previsto acontecer novamente em 0,6 anos.

A Figura 16 representa as médias mensais compreendidas entre o período de 1964 a 2021, uma vez que por meio desses dados é possível determinar a média mensal por ano, sendo de 64,28 mm e um respectivo desvio-padrão de 66,71 mm, sendo que a precipitação média mensal mínima obtida foi de 3,09 mm compreendida para o mês de Setembro, já em relação a precipitação mensal máxima foi obtido o valor de 181,95 mm compreendida para o mês de Março. Desta forma,

é possível destacar o período que apresenta o menores índices de precipitação, está compreendido entre os meses de Junho até Dezembro, já o período que apresenta maiores índices de precipitações está compreendido entre os meses de Janeiro até Maio.

Figura 16: Precipitações médias mensais.



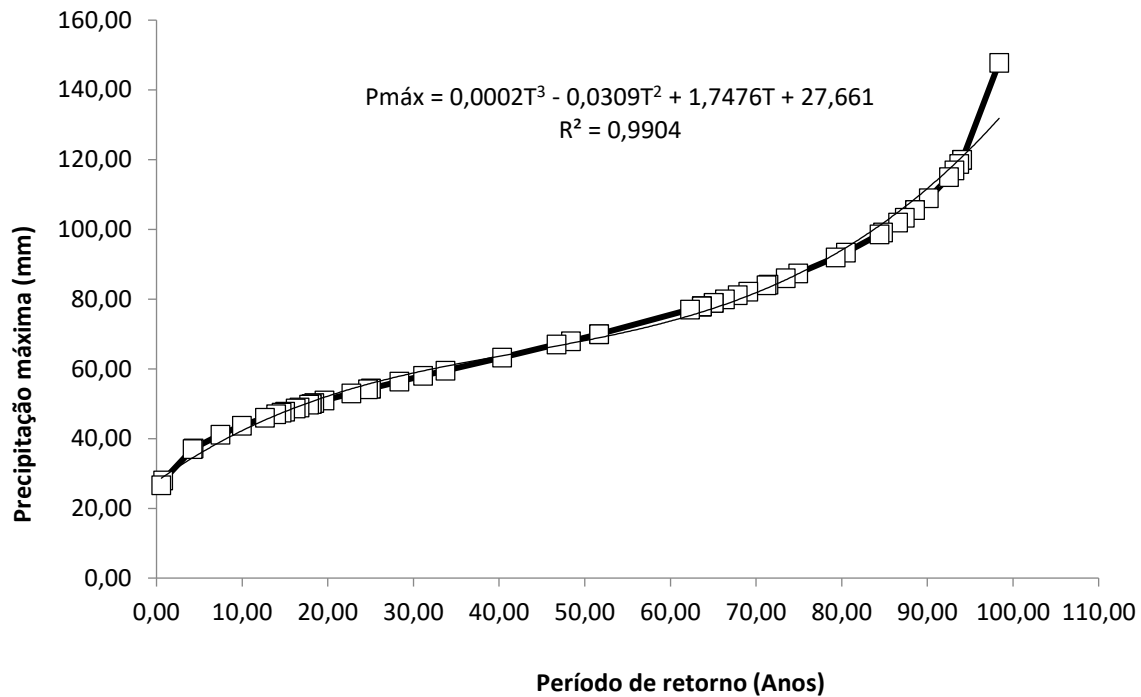
Fonte: Autor, 2022.

Desta forma, é possível verificar que 41,67% dos dados obtidos, ficaram acima da precipitação média mensal por ano, que corresponde a 5 meses do ano (Janeiro, Fevereiro, Março, Abril e Maio), enquanto que 58,33% dos dados obtidos ficaram abaixo da média mensal por ano, que corresponde a 7 meses do ano (Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro).

De acordo com o estudo realizado em Mossoró/RN por SOBRINHO *et al.* (2011), a precipitação média mensal mínima foi registrada no mês de Outubro com 1,9 mm, enquanto que a máxima precipitação média mensal foi de 167,9 mm no mês de Março, sendo que a menor precipitação ficou abaixo do apresentado nessa pesquisa, enquanto a precipitação máxima foi superada.

A figura a seguir é possível verificar o comportamento proveniente das precipitações máximas em função do período de retorno por meio da função polinomial.

Figura 17: Precipitação máxima anual em função do período de retorno.



Fonte: Autor, 2022.

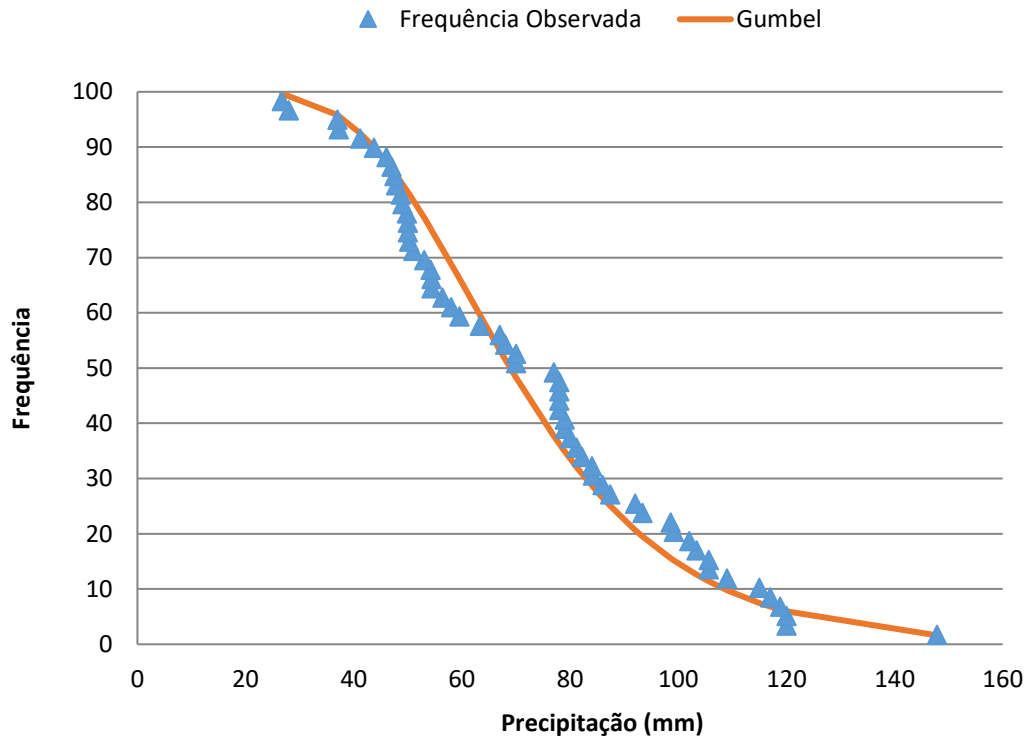
Para a obtenção dos resultados provenientes do teste de Kolmogorov-Smirnov, é necessário determinar um alfa mensal médio, que foi igual a 67,96 e um beta mensal médio igual a 19,18, atendendo desta forma, as condições para qual devem ser abaixo de 100.

Analisado os resultados provenientes do teste de Kolmogorov-Smirnov, temos que o Fobservado indica à probabilidade de excedência, sendo que o último valor da coluna corresponde a maior probabilidade de ocorrência. Já para o Fteórica indica a probabilidade de não excedência de ocorrência, na qual o seu maior valor correspondente a maior precipitação pluviométrica. Analisando a diferença máxima entre o Fobservado e o Fteórica foi de aproximadamente 0,56, apresentando assim para um nível de significância de aproximadamente 5% em relação ao valor obtido tabelado, que foi igual a 0,180. Desta forma, é possível concluir que o modelo Gama se adequa aos dados em estudos, visto que a diferença máxima é menor que o valor encontrado tabelado.

Através da figura a seguir, é possível verificar as distribuições da frequência da série das precipitações máximas anuais observadas e estimadas pelo modelo de Gumbel para máximos valores, para o município de Pau dos Ferros – RN. Visto que se pode observar ainda, a boa aderência presente entre a distribuição observada e a teórica obtida pelo modelo de Gumbel, onde através da figura é possível visualizar os resultados obtidos com os testes de aderência de forma

nítida, visto que apresenta uma boa conformidade entre os modelos com os dados da série em estudo.

Figura 18: Frequências observadas e ajustadas pelo modelo de Gumbel.



Fonte: Autor, 2022.

Desta forma, analisando a variação da intensidade pluviométrica com a frequência, tem-se que as mesmas estão relacionadas com a probabilidade de ocorrência, assim como a superação do evento chuva, proveniente desta forma, de uma função de distribuição de probabilidade que possibilita o excedente para uma quantidade superior de anos com relação a quantidade de anos observados (BARRETO *et al.*, 2013).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em face ao exposto, foi possível fazer uma explanação referente aos dados da precipitação pluviométrica do município de Pau dos Ferros, verificando o comportamento das chuvas no decorrer dos meses e anos da série histórica em estudo, possibilitando também o conhecimento a respeito dos tipos de chuvas, assim como os seus instrumentos de medição. Outro aspecto importante, é o conhecimento referente ao período do ano em que ocorre os maiores e menores índices de chuvas, como também prever estatisticamente por meio do modelo probabilístico apresentado a probabilidade de ocorrência de determinadas precipitações, assim como o seu possível período de retorno.

Através do estudo da série histórica dos índices pluviométricos, é notório a grande variação na distribuição de chuvas para o município de Pau dos Ferros durante esse período de anos que foram analisados, sendo que a menor precipitação anual em um único dia foi de 212,60 mm, referente ao ano de 1993. Enquanto a maior precipitação anual em um único dia foi de 1505,60 mm, referente ao ano de 1974, apresentando ainda uma média anual de 754,85 mm.

Em relação ao estudo dos dados mensais, foi possível concluir que o mês que apresentou maior precipitação, foi o mês de Março com 181,95 mm, seguido com uma precipitação muito próxima do mês de Abril com 173,75 mm. Enquanto que para o mês que apresentou uma menor precipitação, foi o mês de Setembro com 3,09 mm, seguido com uma precipitação muito próxima do mês de Outubro com 5,14 mm.

Por meio dos anos analisados, foi possível constatar que em uma grande parcela do ano possui o predomínio do período seco, compreendido entre os meses de Junho a Dezembro. Enquanto o período mais chuvoso está compreendido entre Janeiro a Maio.

É possível determinar que a maior precipitação máxima diária registrada na série histórica em estudo no ano de 1982 com uma precipitação de 147,80 mm, está previsto acontecer novamente com 98,4 anos. Enquanto que a menor precipitação máxima diária registrada foi no ano de 1989 com 26,70 mm, está previsto acontecer novamente em 0,6 anos.

É notório que o uso de metodologias para realizar a análise de probabilidade de ocorrência de chuvas, assim como determinar o seu período de retorno, apresentou resultados satisfatórios, que podem ser empregado para o planejamento dos recursos hídricos locais para o município avaliado. Também foi possível concluir que o modelo probabilístico de Gama incompleta se adequou aos dados apresentados.

Foi possível observar também que os dados referente a precipitação máxima diária

anual apresentaram ajuste satisfatório ao modelo probabilístico de Gumbel. Visto também que as precipitações máximas prováveis em função do período de retorno, apresentou uma adequação ao modelo logarítimo de forma congruente.

Desta forma, as análises realizadas no presente trabalho, possibilita concluir que eventos que apresentam alto índice pluviométrico de chuvas, está relacionado diretamente com as baixas probabilidades de ocorrência e associados com maiores períodos de retorno, sendo assim uma informação bastante importante, que possibilita a prevenção de possíveis catástrofes naturais.

Outro aspecto importante, é que através dos resultados encontrados, poderão ser utilizados na área da engenharia civil, ambiental e sanitária para a execução de projetos e dimensionamento de obras hidráulicas, estimativas de vazões máximas, assim como para sistemas de drenagem urbana, que é um grande problema para a área de estudo no período chuvoso, por meio da execução de construções, estudos sobre áreas de alagamentos e drenagens, contribuindo também para uma programação econômica do uso da água para o município, assim como também no auxílio do planejamento de atividades agrícolas, uma vez que a água é a principal fonte para a atividade agrícola, sendo assim, contribuirá de forma significativa para o planejamento produtivo e garantindo uma melhor eficiência. Através dos dados encontrados, será possível também auxiliar em trabalhos futuros, que tratem desta problemática, sendo de suma importância ter noções básicas sobre as relações que configuram as precipitações mais elevadas, assim como o seu período de retorno, para o desenvolvimento de novos estudos e execução de projetos.

O presente trabalho servir de base para promover ações que possibilite otimizar o trabalho dos órgãos responsáveis pelos recursos hídricos, drenagem e ambiental, presentes no município. Através do próprio trabalho disponível na plataforma de repositórios da própria faculdade com documentos institucionais da Ufersa em formato 100% digital. Com possíveis publicações futuras sobre este trabalho em artigos ou também pela divulgação do referido trabalho na instituição pública que representa a sede do poder executivo no município em estudo.

6 REFERÊNCIAS

- ANA, Agência Nacional das Águas. **Observatório da escassez hídrica no semiárido**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana>. Acesso em: 15 Out. 2022.
- ANTUNES, S. C. R. **Estudo da relação intensidade-duração-frequência das precipitações pelo método Kimbal para o município de Manaus – AM**. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC. (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. Juiz de Fora/MG, 2019.
- BARBOZA, E. N.; CAIANA, C. R. A.; NETO, F. B. Análise da precipitação pluviométrica na Região do Centro-Sul Cearense: Um estudo do período (1980- 2009). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. 64, 2020.
- BARRETO, H. B. F.; SANTOS, W. O.; FREIRE, F. G. C.; SOBRINHO J. E.; BARRETO, F. P. **Análise da precipitação máxima e relação intensidade-duração-frequência para Mossoró-RN**. Rio Grande do Norte: Editora da UFRSA, 2013.
- CAETANO, A. L.; BARBOSA, F. S. Probabilidade de ocorrência de chuvas extremas para região de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 15. Vol. 25 – p. 537-548, JUL/DEZ 2019.
- CARVALHO, F. D.; SILVA, B. D. L. **Hidrologia: Precipitação**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: Departamento de Hidráulica e Saneamento. Agosto, 2006.
- COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. 5. ed. Rio Grande do Sul: Editora da UFRGS, 2008.
- COSTA, F. R. **Inundações Urbanas no Semi-Árido Nordeste: O caso da Cidade de Pau dos Ferros-RN**. 2010. 87f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal. 2010.
- CPTEC, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Glossários: **Princípios de Meteorologia e Meio Ambiente**. 2010. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml>. Acesso em: 22 Set. 2022.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Pau dos Ferros, estado do Rio Grande do Norte**. Organizado (por) João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Saulo de Tarso Monteiro Pires, Dunaldson Eliezer Guedes Alcoforado da Rocha, Valdecílio Galvão Duarte de Carvalho. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento da área do entorno da barragem de Pau dos Ferros – RN**. 1997. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155900/1/2016-160.pdf>. Acesso em: 22 Set. 2022.
- EMPARN. **Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte**. 1980. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br/>. Acesso em: 16 Ago. 2022.
- FELIPE, J. L. A.; CARVALHO, E. A. **Atlas escolar Rio Grande do Norte**, 1999, p. 26.
- FERNANDES, J. D.; MEDEIROS, A. J. D. **Desertificação no nordeste: Uma aproximação sobre o fenômeno do Rio Grande do Norte**. Revista HOLOS, 2009, v.3, n. 25, p. 147 – 161, 2009. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/265>. Acesso em: 17 Set. 2019.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

GARCEZ, N. L.; ALVAREZ, A. G. Livro: **Hidrologia**. 291 p. 2 ed. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo. 1988.

GARCIA, R. G., DALLACORT, R., KRAUSE, W., SERIGATTO, E. M., FARIA JUNIOR, C. A. Calendário agrícola para o cultivo de milho em Sinop-MT. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.2, p. 218-222, 2013.

GARIGLIO, M. A. et al. **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da CAATINGA**. Brasília, 2010. 368 p.

GONÇALVES, L. S. **Relações Intensidade-Duração-Frequência com base em estimativas de precipitação por satélite**. 2011. 135f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

GUIARRARA, P. **Chuvas**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/chuvas-precipitacoes.htm>. Acesso em: 11 Ago. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados**. 2018. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=240800>. Acesso em: 21 Set. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pau-dos-ferros/panorama>. Acesso em: 24 Ago. 2022.

IDEMA, Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Norte. **Atlas para a promoção do investimento sustentável no Rio Grande do Norte**. Módulo I: zona homogênea mossoroense. Natal: IDEMA, 2005. 205 p. 1 atlas.

IDEMA, Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Norte. **Perfil do Estado do Rio Grande do Norte**. Disponível em: www.idema.rn.gov.br. Acesso em: 04 Out. 2022.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia. **Instrumentos Meteorológicos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=instrumentos>. Acesso em: 22 Set. 2022.

JULIÃO, R. P.; NERY, F.; RIBEIRO, J. L.; BRANCO, M. C.; ZÊRERE, J. L. **Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal**. Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil / Instituto Geográfico Português, 2009, 93 p.

JÚNIOR, J. O. A. **Análise da precipitação no semiárido do Rio Grande do Norte em períodos de chuvas abaixo da média**. 70 f. Monografia (graduação). Bacharelado em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Natal-RN, 2021.

LEAL, F.C.T. **Notas de Aula: Drenagem Urbana**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG. 2016.

LEITÃO, Thais. **Caatinga pode ser mais eficiente do que florestas tropicais na absorção de gás carbônico**. Disponível em: <https://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-04-28/caatinga-pode-ser-mais-eficiente-do-que-florestas-tropicais-na-absorcao-de-gas-carbonico>. Acesso em: 02 Out. 2022.

LOPES, D. C. **Avaliação preliminar da relação intensidade-duração-frequência pelo método Kimbal e obtenção dos coeficientes de desagregação para diferentes durações de precipitação. Estudo de caso: Coronel Pacheco – MG.** 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC. (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora/MG, 2017.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades.** São Paulo: Computação, 2004. 413 p.

MARENGO, J. A.: Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. **International Journal of Climatology**, v. 12, p. 853-863, 1992.

MELLO, C.R.; SILVA, A. **Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas.** Lavras: Ed. UFLA, 455 p., 2013.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da desertificação no estado do Rio Grande do Norte.** MMA: Secretaria de Recursos Hídricos, Natal, 2005. 78 p.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Caatinga.** 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>. Acesso em: 12 out. 2013.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo Hidrológico.** Disponível em: https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrNaF3JfWVj6.US8Hjz6Qt.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMec2VjA3Ny/RV=2/RE=1667624521/RO=10/RU=https%3a%2f%2fantigo.mma.gov.br%2fbiomass%2fcaatinga%2freserva-da-biosfera%2fitem%2f420-ciclo-hidrol%25C3%25B3gico.html/RK=2/RS=gatMNHQKjSun3xKejPLIP4vNYls-. Acesso em: 15 set. 2022.

MENEZES, F.P., FERNANDES, L.L. Análise de tendência e variabilidade da precipitação no estado do Pará. **Enciclopédia Biosfera**, v.13, n.24, p.1580-1591, 2016.

MESQUITA, W.O.; GRIEBELER, N.P.; OLIVEIRA, F.L.C. Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. **Periódico Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 39, n. 2, p. 73-81, abr/jun 2009.

MONTENEGRO, J. C. **Uso de lenha como matriz energética nas pizzarias de Mossoró-RN, em 2013.** 58f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Graduação em Ciência e Tecnologia, Mossoró/RN, 2013.

MOREIRA, P.S.P.; DALLACORT, R.; MAGALHÃES, R. A.; INOUE, M. H.; STIELER, M.C.; SILVA, D.J.; MARTINS, J.A. Distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas no município de nova Maringá-MT. **Revista de Ciências AgroAmbientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.9-20, 2010.

NASCIMENTO, M. C.; LOMBARDO, M. A.; JÚNIOR, S. A. M. G.; ANDRADE, E. L. Análise da Vulnerabilidade Físico-Ambiental causada pelas chuvas intensas na Região Metropolitana de Maceió. **Caminhos de Geografia**, v. 19, n. 67, p.268-288, 2018.

NOGUEIRA, M. R. L.; QUEIROZ, M. G.; PEREIRA, P. C.; SILVA, T.G.F.; JARDI, A. M. R. F.; SILVA, M. J. Probabilidade de ocorrência de chuva em municípios do semiárido pernambucano. **Pensar Acadêmico, Manhauçu**, v. 14, n. 1, p. 24-36, janeiro-junho, 2016.

OLIVEIRA, L. R. **Avaliação preliminar da relação intensidade duração-frequência pelo método kimbal e obtenção dos coeficientes de desagregação para diferentes durações de precipitação. Estudo de caso: Caetité – BA.** 55f. Trabalho de Conclusão de Curso - TCC (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora/MG, 2017.

PAZ, A. R. da. **HIDROLOGIA APLICADA.** Rio Grande do Sul: Editora da UERGS, 2004.

PENA, R. F. A. **Fatores e elementos climáticos**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fatores-elementos-climaticos.htm>. Acesso em: 19 Out. 2022.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCL, L. R.; SENTELHAS, P. C., 2007. Meteorologia Agrícola. Piracicaba/SP. **Edição Revista e Ampliada**, ESALQ/USP, 202 P.

PGB, Programa Geologia do Brasil. **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA MOSSORÓ**. Recife, Pernambuco, 2014. 72 p.

QUEIROZ, A. P. **Monitoramento e previsão imediata de tempestades severas usando dados de radar**. Dissertação (Mestrado), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

SAMPAIO, E. V. S. B. **O gradiente vegetacional das caatingas e áreas anexas**. Revista Brasileira de botânica, Recife, n. , p.27-30, jun. 2003.

SANDERSON, E. W.; JAITEH, M.; LEVY, M. A.; REDFORD, A. V. W.; WOOLNER, G. The human footprint and the last of the wild. **BioScience**, v. 52, 891–904, 2002.

SANTOS, W. O.; MESQUITA, F. L.; BATISTA, B. D. O.; BATISTA, R. O.; ALVES, A. S. PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS PARA O MUNICÍPIO DE MOSSORÓ DE 1964 A 2011 PELA DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL. **Irriga, Botucatu**, v. 19, n. 2, p. 207-213, abril-junho, 2014.

SANTOS, V. S. **Ciclo da água**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/ciclo-agua.htm>. Acesso em 21 de setembro de 2022.

SANTOS, V. S. **Evapotranspiração**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/evapotranspiracao.htm>. Acesso em: 11 Out. 2022.

SILVA, A. C. C. **Caatinga: Beleza e diversidade reveladas**. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2018/10/31/caatinga-beleza-e-diversidade-reveladas-artigo-de-ana-cecilia-da-cruz-silva/>. Acesso em: 12 Out. 2022.

SILVA, B. L. **Do polígono das secas à vulnerabilidade ao colapso hídrico: Uma análise do território do rio grande do Norte**. 2018. 75 p. Monografia (GraduaçãoGeografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.

SILVA, M. M. N.; CARVALHO, C. C. A.; ALVES, L. S. F.; FILHO, J. L. O. P. **A manutenção das APP's urbanas e o ordenamento territorial: apontamentos sobre Pau dos Ferros/RN**. Artigo BVRU, Goiânia, v. 5, n. 2, p. 284-296, jul./dez. 2019.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. 2006. Tese de Doutorado (Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/2309>. Acesso em: 02 Out. 2022.

SILVA, R. S.; ARAÚJO, G. R. S. Algoritmo para Determinação da Equação de Chuvas Intensas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6 n.5, p. 1371 -1383. 2013.

SILVA, V. L.; VIOLA, M. R.; MELOO, C. R.; ALVES, M. V. F.; SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B. Mapeamento de Chuvas Intensas para o Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 1-11, 2020.

SOBRINHO, J. E.; PEREIRA, V. C.; OLIVEIRA, A. D.; SANTOS, W. O.; SILVA, N. K. C.; MANIÇOBA, R. M. **CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ** -

RN. PERÍODO: 1900-2010. Rio Grande do Norte: Editora da UFERSA, 2011.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.05, n.01, p.143-159, 2018.

STUDART, T. M. C. **Notas de Aula: Hidrologia**. 2003.

SUDENE. SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Nova delimitação do Semiárido**. Região Nordeste, 2018. Disponível em:
http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiarido/arquivos/Relação_de_Municípios_Semiárido.pdf. Acesso em: 10 Out. 2022.

SUDENE. SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Nova delimitação do Semiárido**. Blog de Geografia, 2017. Disponível em:
<https://suburbanodigital.blogspot.com/2017/09/sudene-divulga-nova-delimitacao-do-semiarido-brasileiro-mapa-2017.html>. Acesso em: 19 Nov. 2022.

THOM, H. C. S. A note on the gama distribution. **Monthly Weather Review**. Washington, v.8, p.117-122, 1958.

TUCCI, C.E.M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v.07, n.1, p 5-27. jan/mar 2002.

TUCCI, C. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 943 p.

TUCCI, M. E. C. Livro: **Hidrologia**. 943 p. 4 ed. Editora da UFRGS/ABRH. Porto Alegre. 2012.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978, 477p.