



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS PAU DOS FERROS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

RAFAELA LEITE DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DOS MUNICÍPIOS POTIGUARES
DE PAU DOS FERROS E DOUTOR SEVERIANO**

PAU DOS FERROS – RN

2016

RAFAELA LEITE DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DOS MUNICÍPIOS POTIGUARES
DE PAU DOS FERROS E DOUTOR SEVERIANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, campus Pau
dos Ferros, em cumprimento às
exigências legais como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Ciência
e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Wesley de Oliveira
Santos.

PAU DOS FERROS – RN

2016

© 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 n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 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.

O48c Oliveira, Rafaela Leite de.
 Caracterização pluviométrica dos municípios
 potiguaras de Pau dos Ferros e Doutor Severiano /
 Rafaela Leite de Oliveira. - 2016.
 49 f. : il.

 Orientador: Wesley de Oliveira Santos.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2016.

 1. Variabilidade pluviométrica. 2. Distribuição
de frequência. 3. Técnica dos quantis. 4. Clima. I.
Santos, Wesley de Oliveira, orient. II. Título.

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.

RAFAELA LEITE DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DOS MUNICÍPIOS POTIGUARES
DE PAU DOS FERROS E DOUTOR SEVERIANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, campus Pau
dos Ferros, em cumprimento às
exigências legais como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Ciência
e Tecnologia.

APROVADA EM: 25/05/2016

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos - Presidente


Prof. Me. Alex Pinheiro Feitosa - Membro


Prof. Dr. Joel Medeiros Bezerra - Membro

A **Germina Ferreira de Queiroz** (*in memoriam*), que foi minha avó, minha amiga e terá para sempre a minha admiração e o meu amor, por todos os momentos de felicidade que nos proporcionou em vida.

Aos meus pais, **Antônio Leite Sobrinho** e **Angelina Nunes de Oliveira Leite**, vocês que são o meu orgulho, por sempre estarem ao meu lado e por tudo o que fizeram por mim, para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre ter se mostrado presente em minha vida e pela força e coragem que me concedeu durante essa caminhada, não me permitindo desistir.

Aos meus pais, Antônio Leite Sobrinho e Angelina Nunes de Oliveira Leite, por partilharem dos meus sonhos, por todo o esforço que fizeram para que eu chegasse até aqui, por todo o carinho, cuidado e amor que sempre tiveram para comigo e por sempre terem acreditado que eu seria capaz.

Aos meus irmãos, Micarle Queiroz, Adriana Leite, Luiza Leite e Alison Leite, por sempre estarem ao meu lado e me incentivarem a continuar nos momentos em que pensei em desistir. Obrigada por acreditarem em mim.

Ao meus avôs, Izaú e Geraldo, por todo apoio, carinho.

Às minhas primas, Erica Paiva e Érida Paiva, pela disponibilidade constante em me ajudar no que quer que fosse, pela paciência que tiveram comigo durante a realização desse trabalho e por estarem ao meu lado em todos os momentos, tristes ou felizes. Obrigada por tudo.

Ao meu professor e orientador, Dr. Wesley Santos, pela disponibilidade, pela paciência e por todos os ensinamentos compartilhados. Obrigada pela confiança, atenção e por toda ajuda que me destes para a realização deste trabalho.

Aos professores do curso de Ciência e Tecnologia da UFERSA *Campus* Pau dos Ferros, pelos conhecimentos transmitidos, pela disponibilidade e pela seriedade que dedicam à sua profissão. Obrigada por terem feito parte dessa caminhada e por terem contribuído para a minha formação.

A todos os meus amigos, que contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até aqui, e que sempre estiveram torcendo e acreditando que esse momento chegaria.

Aos meus companheiros de sala de aula, por todos os momentos compartilhados. Obrigada por terem estado ao meu lado, por toda a força, motivação e por terem acreditado que eu seria capaz.

A Cíntia, Ires, Karine, Vanerica, Layane, Sara e Daniel, pela amizade, lealdade e por estarem sempre prontos a me ajudar quando eu mais precisei. Vocês são amigos muito especiais. Obrigada!

RESUMO

A variabilidade da precipitação pluvial afeta diretamente os setores sociais e econômicos de uma região. Considerando os problemas que essa variabilidade pode causar ao ambiente e a população, a realização desse trabalho tem como objetivo a caracterização pluviométrica dos municípios potiguares de Pau dos Ferros e Doutor Severiano, em escala anual, para uma série histórica de 52 anos (1964-2015). Os dados de precipitação pluvial utilizados foram obtidos através do banco de dados da EMPARN, os mesmos foram caracterizados mediante uso dos métodos estatísticos de distribuição de frequência, para obtenção dos principais momentos estatísticos centrais e de dispersão, e da técnica dos quantis, que permitiu classificar os anos analisados quanto a intensidade anual climatológica do regime de precipitação. Devido à proximidade de localização dos dois municípios e a similaridade das condições topográficas, os resultados encontrados foram semelhantes, ambos apresentando uma precipitação média anual inferior a 800 mm.

Palavras-chave: Variabilidade pluviométrica; Distribuição de frequência; Técnica dos Quantis; Clima.

ABSTRACT

The variability of rainfall directly affects the social and economic sectors of the region. Considering the problems that this variability can cause to the environment and the population, the realization of this study has as aim the characterization of the municipalities of Pau dos Ferros and Doutor Severiano of Rio Grande do Norte State, on an annual scale, for a historical series of 52 years (1964-2015). The rainfall data used were obtained from the database of EMPARN which were characterized through the use of the statistical methods of frequency distribution, for obtaining of the central statistical main moments and of dispersion and technique of quantiles, which allowed classifying the years analyzed regarding climatological annual intensity of precipitation regime. Due to the proximity of location of the two municipalities and the similarity of the topographical conditions, the results obtained were similar, both with an annual average rainfall of less than 800 mm.

Keywords: Rainfall variability; Frequency distribution; Technique of Quantiles; Climate.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos regimes de chuvas relacionados aos valores dos quantis.....	27
Tabela 2: Distribuição de Frequência para as precipitações anuais do município de Pau dos Ferros, RN – 1964 a 2015.....	29
Tabela 3: Análise estatística para os dados de precipitação no período de 1964-2015, para Pau dos Ferros – RN.....	30
Tabela 4: Distribuição de Frequência para as precipitações anuais do município de Doutor Severiano, RN – 1964 a 2015.	32
Tabela 5: Análise estatística para os dados de precipitação no período de 1964-2015, para Doutor Severiano – RN.	33
Tabela 6: Dados de precipitação pluvial anual e seus respectivos quantis, referente ao período de 1964-2015, para Pau dos Ferros – RN.	35
Tabela 7: Classificação dos quantis da distribuição de precipitação pluvial anual de Pau dos Ferros – RN, referente ao período de 1964-2015.	37
Tabela 8: Classificação anual da precipitação pluvial do município de Pau dos Ferros – RN, pelas classes dos quantis, referente ao período de 1964-2015.....	37
Tabela 9: Dados de precipitação pluvial anual e seus respectivos quantis, referente ao período de 1964-2015, para Doutor Severiano, RN.	40
Tabela 10: Classificação dos quantis da distribuição de precipitação pluvial anual de Doutor Severiano – RN, referente ao período de 1964-2015.....	42
Tabela 11: Classificação anual da precipitação pluvial do município de Doutor Severiano – RN, pelas classes dos quantis, referente ao período de 1964-2015.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: ZCIT ilustrada pelas imagens do satélite METEOSAT-7.....	16
Figura 2: Diagrama esquemático da nebulosidade associada aos VCAS.....	17
Figura 3: Imagens do satélite METEOSAT-7, canal infra vermelho.	17
Figura 4: Imagem do satélite METEOSAT-7 demonstrando o posicionamento de uma Frente Fria próxima ao sul do Estado da Bahia	18
Figura 5: Imagem do satélite METEOSAT-7 demonstrando uma Linha de Instabilidade desde o litoral do Estado do Maranhão até o Estado do Rio Grande do Norte.	19
Figura 6: Delimitação do Semiárido brasileiro.	21
Figura 7: Localização do município de Pau dos Ferros - RN.....	22
Figura 8: Localização do município de Doutor Severiano - RN.	23
Figura 9: Precipitações anuais, máximas, médias e mínimas de Pau dos Ferros – RN, referentes ao período de 1964-2015.....	31
Figura 10: Precipitações anuais, máximas, médias e mínimas de Doutor Severiano – RN, referentes ao período de 1964-2015.....	34
Figura 11: Classificação do regime de precipitação anual de Pau dos Ferros – RN, referente ao período de 1964-2015.....	39
Figura 12: Classificação do regime de precipitação anual de Doutor Severiano – RN, referente ao período de 1964-2015.....	44

LISTA DE SIGLAS

EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte;

FF – Frentes Frias;

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos;

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

LI – Linhas de Instabilidade;

NEB – Nordeste do Brasil;

TSM – Temperatura da Superfície do Mar;

VCAS – Vórtices Ciclônicos de Ar Superior;

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	13
2.2 TIPOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	13
2.2.1 Precipitação Convectiva	14
2.2.2 Precipitação Orográfica	14
2.2.3 Precipitação Ciclônica ou Frontal	15
2.3 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS QUE INFLUENCIAM A PRECIPITAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	15
2.3.1 Zona de Convergência Intertropical	15
2.3.2 Vórtices Ciclônicos de Ar Superior	16
2.3.3 Frentes Frias	18
2.3.4 Linhas de Instabilidade	18
3. METODOLOGIA	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
3.1.1 Pau dos Ferros	21
3.1.2 Doutor Severiano	22
3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS	23
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
3.3.1 Estatística Descritiva	24
3.3.1.1 Distribuição de Frequência	24
3.3.2 Técnica dos Quantis	26
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
4.1 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA PARA OS DADOS DE PRECIPITAÇÃO	29
4.1.1 Pau dos Ferros	29
4.1.2 Doutor Severiano	32
4.2 TÉCNICA DOS QUANTIS	35
4.2.1 Pau dos Ferros	35
4.2.2 Doutor Severiano	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos que apresenta maior irregularidade espaço/temporal, ou seja, sua distribuição é variável tanto no espaço, de uma região para outra, quanto no tempo, podendo diferir bastante de um mês para outro ou de um ano para outro (ALMEIDA, 2003).

A variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial exerce influência direta sobre as atividades humanas. Considerando a ocorrência de eventos extremos, como a seca ou chuvas intensas e enchentes, essa variabilidade pode causar imensos impactos econômicos e sociais, pois afeta o setor agrícola, os recursos hídricos, a geração de energia, a saúde, o abastecimento de água à população e também aos animais, o ambiente, o planejamento urbano e todo o setor produtivo.

A região semiárida do Nordeste do Brasil recebe pouca influência das massas de ar úmidas e frias vindas do Sul. Logo, a ocorrência de eventos extremos é bastante frequente e atinge a população nordestina, dificultando as suas condições de saúde e sobrevivência. A irregular distribuição temporal das chuvas resulta em vários dias e/ou meses sem a presença de precipitação, o que torna a seca um evento bastante presente no cotidiano da população dessa região do país.

Nos últimos anos, a perspectiva de combate à seca vem se modificando. Antes, apenas lutava-se contra ela, atualmente, busca-se a convivência com ela, através de políticas públicas e práticas sustentáveis (PONTES; MACHADO, 2012).

Sendo que a determinação prévia da variação dos elementos meteorológicos ao longo do ano e do espaço, possibilita um melhor planejamento das mais diversas atividades antrópicas. Na agricultura, por exemplo, o conhecimento antecipado das condições locais de solo, radiação solar e precipitação pluvial, e sua variação ao longo de um ciclo de cultivo, são significativos para a obtenção de rendimentos satisfatórios (SILVA et al., 2007).

Os municípios de Pau dos Ferros e Doutor Severiano, localizados estado do Rio Grande do Norte (RN), região Nordeste do Brasil (NEB), tiveram suas formações associadas a uma economia voltada principalmente para as atividades de agropecuária, o que os torna economicamente dependentes da ocorrência de chuvas. As oscilações de precipitação também podem afetar outras atividades e/ou

setores desses municípios, que em anos de poucas chuvas e, conseqüentemente, falta de recursos econômicos, são tomados pela miséria e pela fome.

Levando-se em consideração a carência de estudos voltados à essa área, a realização deste trabalho objetivando a caracterização pluvial desses municípios, pode fornecer subsídios importantes ao planejamento de atividades relacionadas aos setores produtivos, mais precisamente em atividades como a agropecuária, a construção civil, o setor de transportes e o turismo. Além disso, a avaliação da ocorrência e da potencialidade das chuvas em Pau dos Ferros e Doutor Severiano, pode auxiliar na elaboração de propostas de convivência com a seca, contribuindo, assim, para o aperfeiçoando dos modelos de gestão ambiental no semiárido brasileiro.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar a caracterização pluviométrica dos municípios potiguares de Pau dos Ferros e Doutor Severiano, a fim de obter a variabilidade anual da precipitação pluvial destes municípios.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a variabilidade temporal pluviométrica dos municípios potiguares de Pau dos Ferros e de Doutor Severiano;
- Determinar a distribuição de frequência da precipitação ao longo dos intervalos de classes estudados, na escala de tempo anual, com a finalidade de observar os padrões de sua distribuição;
- Classificar, os padrões de distribuição de precipitação anual dos regimes de chuvas relacionados aos valores dos quantis;
- Comparar os padrões de distribuição de precipitação anual dos municípios em estudo, tal qual identificar os sistemas atmosféricos envolvidos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Conforme Antenor Júnior (2013), o ciclo hidrológico refere-se à troca contínua de água na hidrosfera, entre a atmosfera e a água do solo, águas superficiais, águas subterrâneas e das plantas. Ele representa o caminho percorrido pela água nos seus três estados físicos (sólido, líquido e gasoso).

O ciclo hidrológico tem origem na evaporação da água dos oceanos, lagos e rios e das superfícies úmidas expostas à atmosfera. Dependendo das condições climáticas e da combinação de outros fatores físicos, o vapor d'água se concentra nas camadas mais altas, formando as nuvens que se modelam e se movimentam em função do deslocamento das massas de ar (vento). Sob determinadas condições físicas, surgem gotículas de água que, por efeito da ação da força da gravidade, se precipitam das nuvens. Essa precipitação pode ocorrer segundo variadas formas, incluindo-se a chuva, a neve, o granizo, o nevoeiro, o orvalho e a geada (ANTENOR JÚNIOR, 2013).

Na região tropical, as precipitações em forma de chuva, são as de maior interesse. Sua importância reside na recarga dos mananciais hídricos superficiais e subsuperficiais de onde dependem as quantidades demandadas da água para consumo humano, doméstico, industrial, animal e rural (SANTOS, 2012).

Segundo Santos (2012), as precipitações são de grande importância econômica, pois dela dependem a produção das culturas não irrigadas, o dimensionamento dos sistemas de drenagem, de barragens, pontes e outras estruturas hidráulicas, o planejamento da conservação dos solos e do manejo da irrigação e também de importância social, pois delas, dependem, muitos pequenos agricultores, para a sobrevivência no campo. Os grandes períodos de estiagens provocam a redução das reservas de água nos mananciais, dificultando a promoção das práticas da agricultura de subsistência, empobrecendo ainda mais os pequenos agricultores, levando-os inúmeras vezes, ao êxodo rural.

2.2 TIPOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Nas condições do NEB ocorre a predominância das precipitações proporcionadas pelo resfriamento adiabático, cujos tipos podem ser divididos em convectivas, orográficas e ciclônicas ou frontais (SANTOS, 2012).

2.2.1 Precipitação Convectiva

Na região tropical, é o tipo de precipitação mais frequente, sendo denominadas chuvas de verão, caracterizadas por serem de abrangência local e de intensidade variando de média a alta (SANTOS, 2012).

O aquecimento desigual das camadas de ar resulta em uma estratificação em camadas, que se mantém em equilíbrio instável. Qualquer perturbação que ocorra, como por exemplo uma rajada de ventos, provoca uma ascensão violenta das camadas de ar mais quente, capaz de atingir grandes altitudes. Ao elevar-se sofre uma rápida expansão adiabática resfriando-se, condensando e com os intensos movimentos turbulentos no interior da nuvem formada, devido à alta energia da parcela, a coalescência forma gotas de grande tamanho. Isto pode originar as chuvas de grandes intensidades, com curtas durações e pequenas abrangências (SANTOS, 2012).

2.2.2 Precipitação Orográfica

As precipitações orográficas resultam da ascensão mecânica de correntes de ar úmido horizontais sobre barreiras naturais, tais como montanhas. Quando os ventos quentes e úmidos, que geralmente sopram do oceano para o continente, encontram uma barreira montanhosa, elevam-se e se resfriam adiabaticamente havendo condensação do vapor, formação de nuvens e ocorrência de chuvas. Essas chuvas são de pequena intensidade, grande duração e cobrem pequenas áreas. Se os ventos conseguem ultrapassar a barreira montanhosa, do lado oposto projeta-se uma sombra pluviométrica, dando lugar às áreas secas, ou semiáridas, causadas pelo ar seco, já que a umidade foi descarregada na encosta oposta (ANTENOR JÚNIOR, 2013).

2.2.3 Precipitação Ciclônica ou Frontal

Estão associadas a movimentação de massas de ar de regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão, causada normalmente pelo aquecimento desigual, em grande escala, da superfície terrestre. Estas precipitações podem ser frontais e não-frontais. As não-frontais são originadas devido à convergência horizontal de duas massas de ar quente para regiões de baixa pressão culminando na ascensão vertical do ar no ponto de convergência. As precipitações frontais se originam devido a ascensão de uma massa de ar quente sobre uma de ar frio de características diferentes, na zona de contato entre elas (SANTOS, 2012).

2.3 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS QUE INFLUENCIAM A PRECIPITAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O clima do NEB apresenta acentuada variabilidade interanual, particularmente na precipitação, com alguns anos extremamente secos e outros extremamente chuvosos. Essa região é também uma das regiões da América do Sul onde os sinais da variabilidade intrasazonal são mais evidentes (DINIZ, 2014).

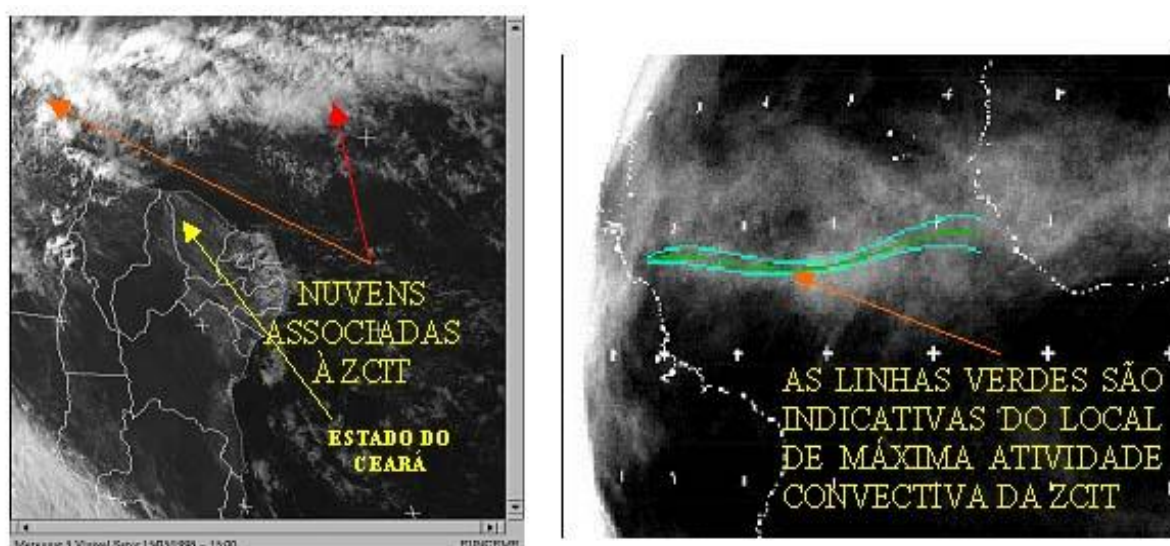
A grande variabilidade no regime pluviométrico do NEB é em parte, explicada em função dos diversos fenômenos que influenciam a região. A intensidade das precipitações depende diretamente da atividade convectiva associada a sistemas meteorológicos importantes incidentes sobre essa área. Dentre os quais, destacam-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), as Frentes Frias (FF) e as Linhas de Instabilidade (LI).

2.3.1 Zona de Convergência Intertropical

De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, (FUNCEME, 2002), a ZCIT é o sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do NEB. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12° N, de agosto para setembro para posições mais ao sul, aproximadamente 4° S, de março para abril.

A ZCIT é uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre (Figura 1), formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. De maneira simplificada, pode-se dizer que a convergência dos ventos faz com que o ar quente e úmido ascenda, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera, ocorrendo assim à formação das nuvens (FUNCEME, 2002).

Figura 1: ZCIT ilustrada pelas imagens do satélite METEOSAT-7.



Fonte: FUNCEME, 2002.

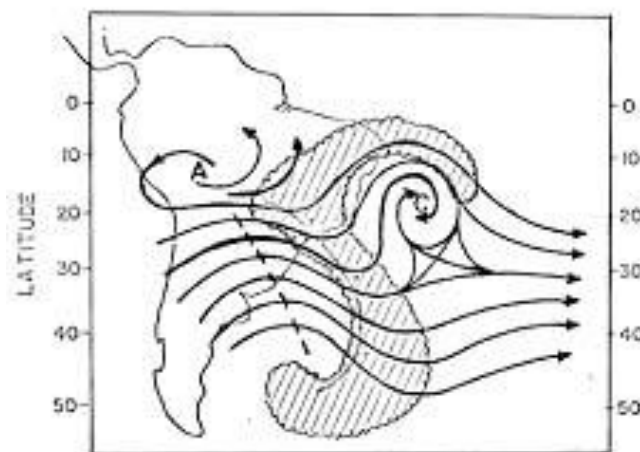
A ZCIT está estreitamente relacionada à Temperatura da Superfície do Mar (TSM), estando situada, geralmente, sobre ou próxima às altas TSMs. Portanto, seria de se esperar que existisse uma relação entre a distribuição geral de TSMs no Atlântico Tropical e a precipitação no Nordeste. De fato essa relação parece ser válida para a maioria dos anos. Águas mais quentes no Atlântico Sul Tropical e mais frias no Atlântico Norte Tropical estão associadas com anos chuvosos no NEB (MASTER, 2010).

2.3.2 Vórtices Ciclônicos de Ar Superior

Os VCAS que atingem a região do NEB, formam-se no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro (FUNCEME, 2002).

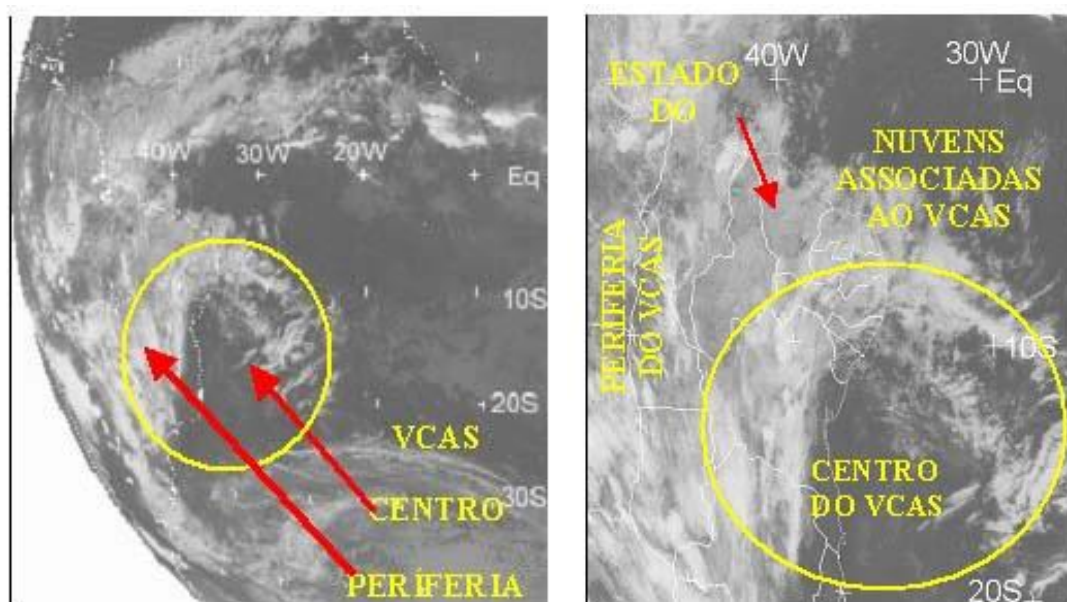
Os VCAS são um conjunto de nuvens que, observado pelas imagens de satélite, têm a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário (Figuras 2 e 3). Na sua periferia ocorre a formação de nuvens causadoras de chuva e no centro, movimentos de ar de cima para baixo (subsidiência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens (FUNCEME, 2002).

Figura 2: Diagrama esquemático da nebulosidade associada aos VCAS.



Fonte: FUNCEME, 2002.

Figura 3: Imagens do satélite METEOSAT-7, canal infra vermelho.



Fonte: FUNCEME, 2002.

2.3.3 Frentes Frias

Segundo a FUNCEME (2002), um outro importante mecanismo causador de chuvas no NEB está ligado à penetração de FF até as latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro.

As FF são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e conseqüentemente as chuvas, como mostra o esquema da Figura 4 (FUNCEME, 2002).

Figura 4: Imagem do satélite METEOSAT-7 demonstrando o posicionamento de uma Frente Fria próxima ao sul do Estado da Bahia



Fonte: FUNCEME, 2002.

2.3.4 Linhas de Instabilidade

As LI, por fim, são bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha (Figura 5), daí o seu nome. Sua formação se dá basicamente pelo fato de que com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento das nuvens cumulus, que atingem um número maior à tarde, quando a convecção é máxima,

com consequentes chuvas. Outro fator que contribui para o incremento das Linhas de Instabilidade, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT.

As LI que se formam principalmente nos meses de verão no hemisfério sul (dezembro a março), encontram-se ao sul da Linha do Equador, influenciando as chuvas no litoral norte do Nordeste e regiões adjacentes e ocorrem no período da tarde e início da noite (FUNCEME, 2002).

Figura 5: Imagem do satélite METEOSAT-7 demonstrando uma Linha de Instabilidade desde o litoral do Estado do Maranhão até o Estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: FUNCEME, 2002.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

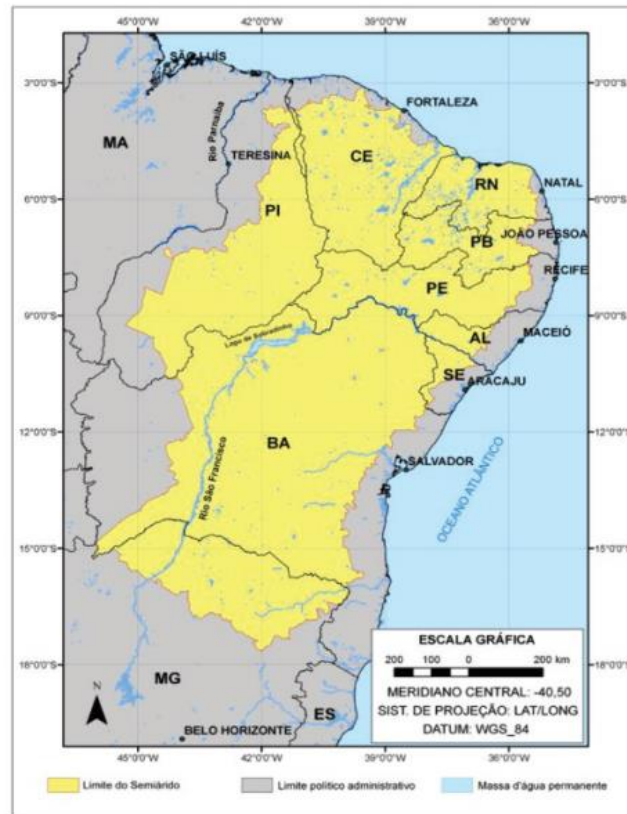
A região Nordeste é uma das cinco regiões do Brasil, sendo a terceira maior em extensão territorial e a de maior número de estados, totalizando nove. Sendo: Alagoas (AL), Bahia (BA), Ceará (CE), Maranhão (MA), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Piauí (PI), Rio Grande do Norte (RN) e Sergipe (SE). Sua área total é de 1.561.177 km² (IBGE, 2010).

É subdividida em outras quatro regiões: o Meio-Norte, ocupando toda a área do estado do Maranhão e o oeste e sul do Piauí; o Sertão, a maior sub-região, que corta todo o oeste da Bahia, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, todo o território cearense e o leste do Piauí; a Zona da Mata, que domina todo o litoral leste da região, desde o sul da Bahia até o Rio Grande do Norte; e o Agreste, que fica entre o Sertão e a Zona da Mata, e se estende desde a Bahia até o Rio Grande do Norte.

Essa região do Brasil é bastante conhecida por seus dias sempre ensolarados e clima ameno, mantendo uma temperatura média entre 20 e 28 °C. Em áreas localizadas acima de 200 m de altitude e no litoral oriental a média é de 24 a 26 °C. Existem alguns locais da região em que as temperaturas médias chegam a ser inferiores a 20 °C, como na Chapada Diamantina e no Planalto da Borborema. O índice de precipitação anual da região varia entre 300 e 2.000 mm (IBGE, 2010).

O Estado do Nordeste com maior proporção de área semiárida é o RN, com 93,4% dos 53.077 km² da sua área total (Figura 6). É o sétimo estado em área no Nordeste, mas apresenta uma localização estratégica no segmento oriental do NBE, entre os paralelos 4°49'53" e 6°58'57" de latitude sul e os meridianos de 34°58'06" e 38°34'54" de longitude a oeste de Greenwich. A sua população é de 2,77 milhões de habitantes e está dividido politicamente em 167 municípios, agrupados em 4 mesorregiões e 19 microrregiões geográficas (IDEMA, 2002).

Figura 6: Delimitação do Semiárido brasileiro.



Fonte: IBGE, 2010.

O Alto Oeste Potiguar é uma região brasileira do estado do RN, e localiza-se na mesorregião do Oeste Potiguar. É formada pela união de trinta e sete municípios, agrupados em três microrregiões.

A região é formada pelas microrregiões de Pau dos Ferros, Serra de São Miguel e Umarizal. A população da região é de 241 211 habitantes, cerca de 8% da população residente no RN, segundo dados do IBGE. A área total da região, 5 265,577 km², é equivalente a quase 10% da área do estado.

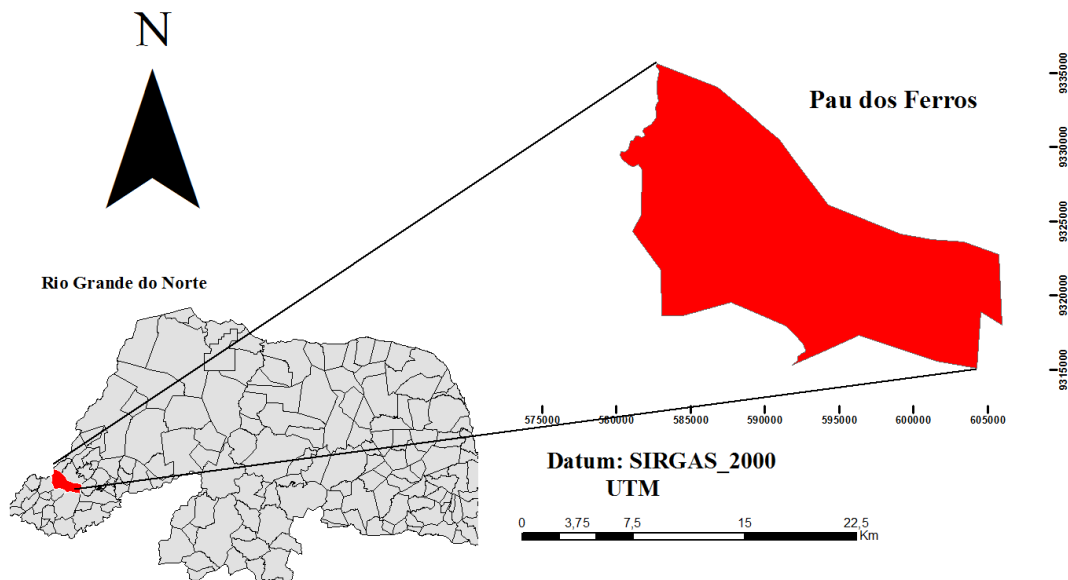
3.1.1 Pau dos Ferros

Pau dos Ferros é um município brasileiro localizado no interior do estado do RN, que está situado na microrregião homônima e mesorregião do Oeste Potiguar, a 392 quilômetros a oeste da capital do estado, Natal.

Principal cidade da região do Alto Oeste, ocupa uma área de aproximadamente 260 km², e sua população é de cerca de 27.745 habitantes,

segundo o IBGE (2010), o que a torna também a cidade mais populosa de sua microrregião (Figura 7).

Figura 7: Localização do município de Pau dos Ferros - RN.



Fonte: Autora, 2016.

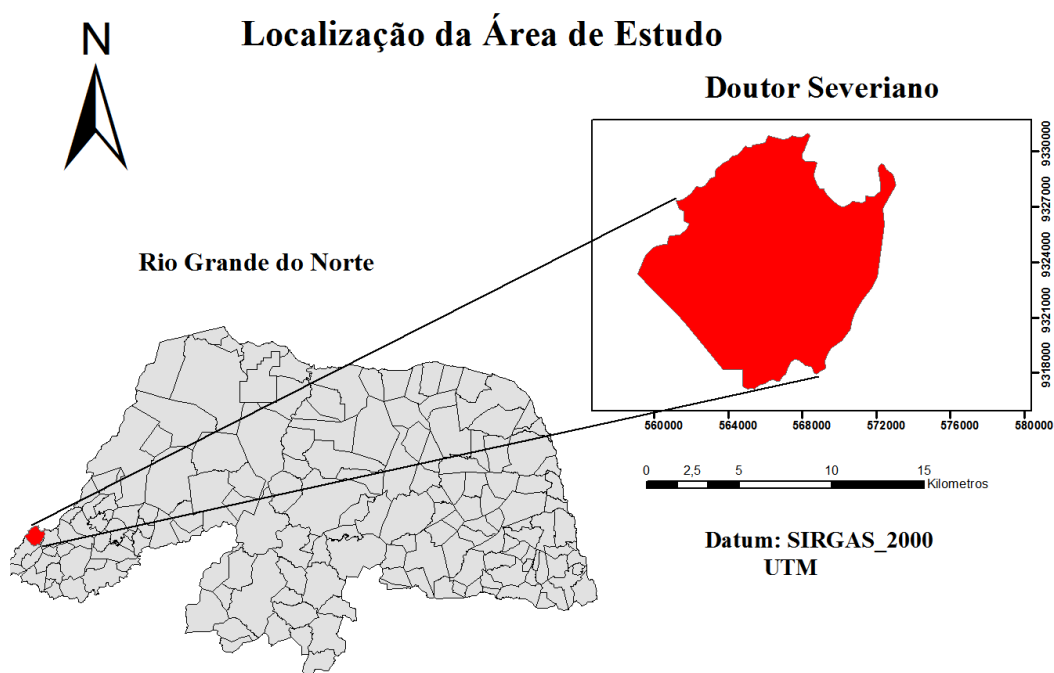
O clima de Pau dos Ferros é caracterizado como semiárido, com temperatura média anual de 26,7 °C e precipitação média de 827 mm anuais, concentrados entre os meses de fevereiro e maio, sendo março o mês de maior precipitação, podendo atingir cerca de 227 mm.

3.1.2 Doutor Severiano

Doutor Severiano, o segundo município de estudo, pertence também ao estado do RN. Está situado na microrregião da Serra de São Miguel e mesorregião do Oeste Potiguar, distante 418 quilômetros a oeste da capital, Natal e 24,4 quilômetros a oeste de Pau dos Ferros.

Ocupa uma área de aproximadamente 114 km² e, de acordo com o IBGE (2010), possui uma população de cerca de 6.492 habitantes (Figura 8).

Figura 8: Localização do município de Doutor Severiano - RN.



Fonte: Autora, 2016.

Por ser uma cidade serrana, Doutor Severiano apresenta algumas características de clima tropical chuvoso, com estação seca. Possui temperatura média anual de 25,4 °C e precipitação média anual de 919 mm, concentrados entre fevereiro e maio, sendo março o mês de maior precipitação, com cerca de 244 mm.

3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados de precipitação pluvial diária dos municípios de Pau dos Ferros e Doutor Severiano, para uma série histórica de 52 anos (1964-2015), foram disponibilizados através do banco de dados do site da EMPARN. Em seguida, foram tabulados, em ordem crescente, por meio de planilhas do software Microsoft Excel, para a obtenção da distribuição de frequência e aplicação da técnica dos quantis a partir dos valores obtidos dos totais anuais para cada ano.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

3.3.1 Estatística Descritiva

Através da análise da estatística descritiva foi aplicado o método da distribuição de frequência e a partir dele, calculados os principais momentos estatísticos centrais e de dispersão: máximo e mínimo, média aritmética, mediana, moda, desvio padrão e coeficiente de variação das precipitações anuais para os dois municípios. Para verificar o ajuste da distribuição normal aos dados de precipitação anual, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk ao nível de $\alpha = 5\%$ de probabilidade, usando o software R, versão 3.2.1.

3.3.1.1 Distribuição de Frequência

Para a aplicação da distribuição de frequência, foi necessário um conhecimento acerca de alguns termos e equações. De acordo com Spiegel (1993), rol é um arranjo dos dados brutos em ordem crescente, ou decrescente; a frequência absoluta ou simples (F_i) é o número de observações que se encontra presente em uma classe ou intervalo específico; a frequência relativa ($F_i \%$) representa o percentual de um certo valor na amostra; a frequência simples acumulada (Fac_i) é a soma das frequências simples das classes ou dos valores anteriores; a frequência relativa acumulada ($Fac_i \%$) é a soma das frequências relativas das classes ou dos valores anteriores; o número de classes (K) de uma distribuição de frequência é dado pela equação 1, utilizando a regra de Sturges:

$$K = 1 + 3,32 \cdot \log(N) \quad (1)$$

onde N é o número de elementos da amostra e K deve ser sempre arredondado para o inteiro maior.

A amplitude de um intervalo de classes ou, simplesmente, intervalo de classe é a medida do intervalo que define essa classe, ou seja, é a diferença entre os limites superior e inferior de uma série de dados (SPIEGEL, 1993).

Já a amplitude total da distribuição (A), é a diferença entre o limite superior ($L_{máx}$) da última classe (limite superior máximo) e o limite inferior ($L_{mín}$) da primeira classe (limite inferior mínimo), como mostra a equação 2 (SPIEGEL, 1993):

$$A = L_{(m\acute{a}x)} - L_{(m\acute{i}n)} \quad (2)$$

e a amplitude de classe (h), por sua vez, é obtida dividindo-se a amplitude total (A) pelo número de classes (K), de acordo com a equação 3:

$$h = \frac{A}{K} \quad (3)$$

O ponto médio ($\bar{x}_i$) de um intervalo de classes é obtido através da média aritmética entre os limites superior e inferior de uma classe.

A média aritmética dos dados agrupados em uma distribuição de frequência por classes é dada pela média aritmética dos pontos médios ($\bar{x}_i$) de cada classe, ponderados por suas respectivas frequências absolutas (F_i), conforme a equação 4 (SHIGUTI e SHIGUTI, 2006):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{x}_i \cdot F_i}{n} \quad (4)$$

Onde: $\bar{X}$ é a média aritmética dos dados e n é o somatório das frequências absolutas (F_i).

A mediana (Md) é o elemento que ocupa a posição central, ou seja, é o elemento que divide a distribuição em 50% de cada lado (SHIGUTI e SHIGUTI, 2006). Para realizar o cálculo da mediana, calcula-se, inicialmente, a posição da mediana (P_{Md}), que é dada pela divisão do número de elementos da amostra (N) por 2. Em seguida, a partir da frequência absoluta (F_i), identifica-se a classe que contém o valor da mediana, para então aplicar a equação 5,

$$Md = l_i + \frac{P_{Md} - F_{ac,ant}}{F_i} \cdot h \quad (5)$$

Onde: l_i é o limite inferior da classe mediana e $F_{ac,ant}$ é a frequência acumulada anterior à classe mediana.

A moda (Mo) é o valor mais frequente da distribuição. Assim, identifica-se a classe modal, ou seja, a de maior frequência e aplica-se a equação 6 (SHIGUTI e SHIGUTI, 2006),

$$Mo = l_i + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \cdot h \quad (6)$$

Onde: l_i = limite inferior da classe modal; $\Delta_1 = F_i - F_{i,ant}$, sendo $F_{i,ant}$ a frequência absoluta anterior e $\Delta_2 = F_i - F_{i,post}$, sendo $F_{i,post}$ a frequência absoluta posterior.

O desvio padrão (S) é dado a partir da extração da raiz quadrada da variância (S^2), como mostra a equação 7 (SHIGUTI e SHIGUTI, 2006).

$$S = \sqrt{S^2} \quad (7)$$

O coeficiente de variação amostral ($CV \%$) é uma medida relativa de dispersão, útil para comparar a variabilidade de observações com diferentes unidades de medida (SPIEGEL, 1993). Pode ser dado a partir da equação 8:

$$CV(\%) = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (8)$$

Quanto menor for o valor do coeficiente de variação ($CV \%$), mais homogêneo será o conjunto de dados e assim, maior a confiabilidade dos resultados.

3.3.2 Técnica dos Quantis

Os dados de precipitação anual foram submetidos à técnica dos quantis, que consiste em uma medida de separação para as distribuições da amostra. De acordo com Pinkayan (1966) e Xavier (2001, 2004, 2007), um quantil de ordem p é um valor numérico que secciona a distribuição em duas partes permitindo separar uma amostra em duas massas de observações numéricas, com $100 \times p\%$ dos elementos localizados à esquerda do quantil “amostral” e os demais $100 \times (1-p)\%$, à direita.

Por meio dessa técnica, foram estabelecidas a classificação dos regimes de precipitação pluvial diferenciados, tais como: Muito Seco (MS), Seco (S), Normal (N), Chuvoso (C) e Muito Chuvoso (MC), além de ser uma técnica imune a qualquer assimetria na função densidade e probabilidade (SENA, et al. 2014).

Para um melhor entendimento da utilização da técnica estatística e a noção de quantis, supõe-se que a chuva em um determinado local, acumulada em certo intervalo de tempo (mês, bimestre, trimestre, semestre, ou o ano inteiro, etc.), com

respeito à anos consecutivos, possa ser representada em termos por uma variável aleatória contínua (SENA, et al. 2014).

Essa variável aleatória significa que o valor da sua lâmina acumulada (mm) não poderá ser previsto com exatidão, pois na verdade será de natureza probabilística. Ou seja, pode-se atribuir uma probabilidade para que a lâmina da chuva fique compreendida entre dois limites arbitrariamente escolhidos. Desta forma, os totais de chuvas acumulada em cada mês de cada ano da série histórica são agrupados em uma única tabela e, em seguida, os valores são somados para obtenção do total pluviométrico acumulado durante cada ano. Depois os valores anuais são ordenados (do menor para o maior), e em seguida é aplicada a técnica estatística, estabelecendo-se os valores dos quantis (MONTEIRO, et al. 2012).

Para a realização deste estudo, os quantis utilizados referem-se as probabilidades de 0,15; 0,35; 0,50; 0,65 e 0,85; conforme a metodologia de Pinkayan (1966) e Xavier (2001, 2004, 2007), sendo que cada um deles refere-se a um regime de chuvas diferente, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos regimes de chuvas relacionados aos valores dos quantis.

Regimes de Chuva	Quantil
Muito Seco	$X_i \leq Q(0,15)$
Seco	$Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35)$
Normal	$Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$
Chuvoso	$Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85)$
Muito Chuvoso	$X_i \geq Q(0,85)$

Fonte: Monteiro, Rocha e Zanella, 2011.

De acordo com Sena (2014), para calcular os quantis de qualquer série de dados de chuvas é necessário:

- 1 - Dispor das observações $x_1, x_2, \dots, x_N$, onde N é o número de observações, no caso deste trabalho, é o número de anos;
- 2 - Ordenar os dados: $y_1 < y_2 < \dots < y_j < \dots < y_N$, de forma crescente, onde y_j é a precipitação anual;
- 3 - Evidenciar qual o número de ordem j de cada elemento y_j da série assim ordenada;
- 4 - Para cada elemento y_j determinar a ordem quantílica p_j que lhe corresponde (equação 9),

$$p_j = \frac{j}{(N+1)} \quad (9)$$

Onde: p_j é a probabilidade quantílica da ordem quantílica atual;

5 - Finalmente, para calcular o quantil Q_p para uma ordem quantílica p qualquer, segue-se:

a) Se p coincidir com algum p_j já obtido, através da equação 10, tem-se:

$$Q_p = Q_{p_j} = y_j \quad (10)$$

b) Se p não coincidir, haverá um índice j tal que $p_j < p < p_{j+1}$, onde, Q_p será obtido por interpolação, como segue na equação 11:

$$Q_p = y_j + \left\{ \frac{[p - p_j]}{[p_{j+1} - p_j]} \right\} \cdot [y_{j+1} - y_j] \quad (11)$$

Onde: p = probabilidade do quantil; p_j = probabilidade quantílica da ordem quantílica atual; p_{j+1} = probabilidade da ordem quantílica posterior e y_{j+1} = precipitação da ordem quantílica posterior.

Os casos a) e b) podem ser englobados na mesma equação 11, supondo $p_j \leq p \leq p_{j+1}$; obviamente, quando $p = p_j$, a equação 11 reduz-se a $Q_p = y_j$. Logo, a equação 11 é a fórmula geral para os cálculos dos quantis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando em consideração a variabilidade da precipitação pluviométrica incidente sobre os municípios de Pau dos Ferros e Doutor Severiano, foram aplicados os métodos estatísticos já mencionados, a fim de comparar os regimes e padrões de distribuição temporal da precipitação pluvial anual.

4.1 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA PARA OS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

4.1.1 Pau dos Ferros

Para a amostra com o número de elementos $N = 52$, calculou-se, inicialmente, o número de classes (K) através da equação 1, obtendo-se $K = 7$. Em seguida, calculou-se a amplitude total (A) da distribuição através da equação 2, sendo $A = 1292,60$ mm e a amplitude de classe (h), por meio da equação 3, encontrando $h = 184,66$ mm.

A partir dessas informações, determinou-se os intervalos de classes, as frequências simples, relativa e relativa acumulada, bem como o ponto médio de cada intervalo de classe, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Distribuição de Frequência para as precipitações anuais do município de Pau dos Ferros, RN – 1964 a 2015.

Classes	Intervalos (mm)	(Fi)	$\bar{X}_i$	(Fi%)	(Fac;%)
1	212,60-397,26	6	304,93	11,54	11,54
2	397,26-581,91	7	489,59	13,46	25
3	581,91-766,57	15	674,24	28,85	53,85
4	766,57-951,23	12	858,90	23,08	76,93
5	951,23-1135,89	8	1043,56	15,38	92,31
6	1135,89-1320,54	3	1228,21	5,77	98,08
7	1320,54-1505,20	1	1412,87	1,92	100
-	TOTAL	52	-	100	-

Fi - Frequência simples; $\bar{X}_i$ – Média da classe; Fi% - Frequência relativa; Fac;% - Frequência relativa acumulada.

Fonte: Autora, 2016.

De acordo com a Tabela 2, podemos observar que a classe de precipitações que apresenta maior frequência é a terceira classe, que varia de 581,91 a 766,57

mm ao ano, sendo que esse evento se repetiu 15 vezes (anos) dentro do período de estudo considerado.

Na Tabela 3 verifica-se os valores obtidos pela análise estatística descritiva dos dados de precipitação anual de Pau dos Ferros – RN.

Tabela 3: Análise estatística para os dados de precipitação no período de 1964-2015, para Pau dos Ferros – RN.

Parâmetro Estatístico	Valor
Média (mm)	756,45
Moda (mm)	716,21
Mediana (mm)	741,95
Valor Mínimo (mm)	212,60
Valor Máximo (mm)	1505,20
Desvio Padrão (mm)	± 268,91
Coeficiente de Variação – CV (%)	35,74

Fonte: Autora, 2016.

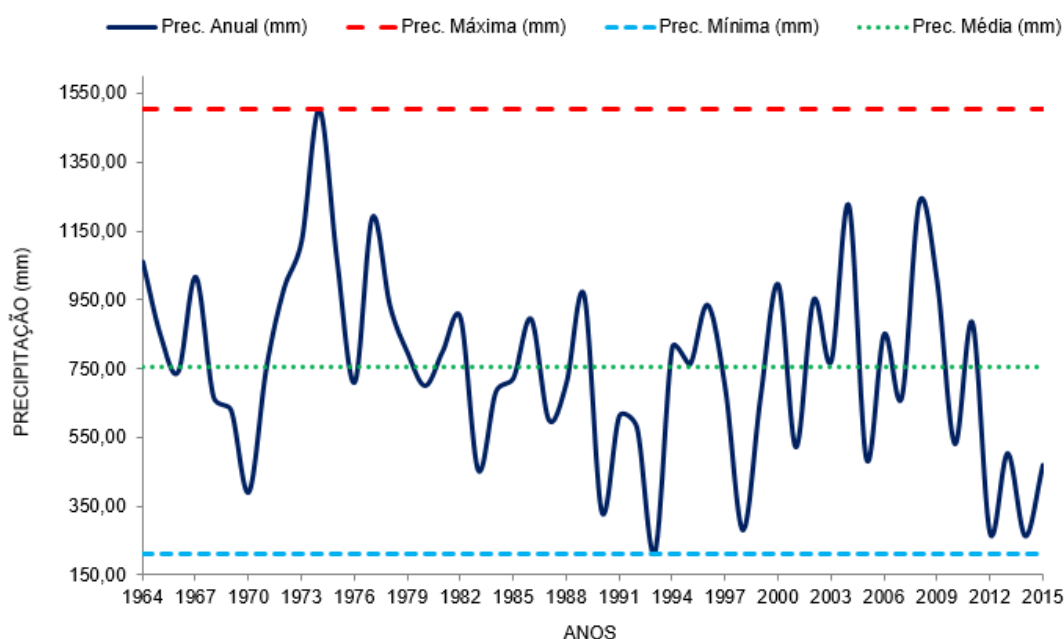
De acordo com a Tabela 3, ao compararmos os valores de máxima (1505,20 mm) e mínima (212,60 mm) precipitações com o valor calculado para a média (756,45 mm), observamos que eles se distanciam um do outro, o que é comum acontecer, pois exatamente como já foi citado anteriormente por Almeida (2003), a quantidade de chuva, em milímetros, pode variar muito de um ano para o outro, assim como também de uma localidade para outra.

Os dados apresentaram um desvio padrão de $\pm 268,91$ mm e devido aos valores de precipitações anuais totais variarem de um ano para o outro, o coeficiente de variação (CV %) apresentou um valor de 35,74%. Para a classificação dos valores de (CV %) foram adotados os critérios definidos por Warrick & Nielsen (1980), em que a variável é classificada como sendo de baixa variabilidade (CV < 12%), média variabilidade (12 % < CV < 62 %) e/ou alta variabilidade (CV > 62 %), o que indica que, neste caso, o (CV %) encontrado pode ser classificado como sendo de média variabilidade.

Percebe-se ainda que a moda, ou seja, o valor de precipitação que ocorreu com maior frequência foi de 716,21 mm, um valor que se encontra abaixo da média anual.

Na figura 9, pode-se observar o comportamento dos totais pluviométricos anuais do município de Pau dos Ferros (RN), em torno da média e em torno dos valores de máxima e mínima precipitações. Verifica-se que 38,5% dos totais pluviométricos oscilam acima da média, 38,5% oscilam abaixo da média e 23% dos totais oscilam em torno da média anual pluviométrica, equivalendo a 20 anos com precipitações acima da média, 20 anos de precipitações abaixo da média e 12 anos de precipitações que se aproximam da média.

Figura 9: Precipitações anuais, máximas, médias e mínimas de Pau dos Ferros – RN, referentes ao período de 1964-2015.



Prec. – Precipitação.

Fonte: Autora, 2016.

A menor precipitação anual observada para o município de Pau dos Ferros (RN), dentro da série histórica estudada, ocorreu no ano de 1993, sendo de 212,60 mm. Essa baixa precipitação ocasionou uma das piores secas já vivenciadas pelos nordestinos. Contudo, exatamente no ano seguinte, em 1974, registrou-se no município a maior precipitação anual da série de anos analisadas, totalizando 1505,20 mm, compensando, de certa forma, a população pelo ano anterior.

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk, para um p-valor de 0,8882, a distribuição normal se ajusta aos dados de precipitação anual. Vê-se, portanto, que após anos de alta precipitação ocorre uma baixa, com anos secos e nos anos seguintes os totais pluviométricos tornam a subir. Porém, não se observa uma regra

ou padrão que permita prever quando, provavelmente, ocorrerão secas no município, pois observando o gráfico, percebe-se que elas ocorreram, de 1964 a 2015, de certa maneira, aleatoriamente, havendo baixas precipitações nos anos de 1970 e 1983; secas severas na década de 90, mais especificamente nos anos de 1993 e 1998; e já nos últimos anos, houveram secas em 2012 e em 2014. Mas, de maneira geral, observa-se que os inícios de décadas foram mais propícios à ocorrência de secas.

4.1.2 Doutor Severiano

Para os dados de precipitações anuais do município de Doutor Severiano, de 1964 a 2015, com $N = 52$, foram encontrados o número de classes $K = 7$, a partir da equação 1, a amplitude total $A = 1171,10$ mm, através da equação 2 e a amplitude de classe $h = 167,3$ mm, pela equação 3.

A partir desses resultados, determinou-se também os intervalos de classes, as frequências simples, relativa e relativa acumulada, bem como o ponto médio de cada intervalo de classe, como segue na Tabela 4:

Tabela 4: Distribuição de Frequência para as precipitações anuais do município de Doutor Severiano, RN – 1964 a 2015.

Classes	Intervalos (mm)	(F _i)	$\overline{X}_i$	(F _i %)	(Fac _i %)
1	223,90-391,20	4	307,55	7,69	7,69
2	391,20-558,50	4	474,85	7,69	15,38
3	558,50-725,80	14	642,15	26,92	42,31
4	725,80-893,10	13	809,45	25,00	67,31
5	893,10-1060,40	9	976,75	17,31	84,62
6	1060,40-1227,70	6	1144,05	11,54	96,15
7	1227,70-1395,00	2	1311,35	3,85	100
-	TOTAL	52	-	100	-

F_i - Frequência simples; X_i – Média da classe; F_i% - Frequência relativa; Fac_i% - Frequência relativa acumulada.

Fonte: Autora, 2016.

De acordo com a Tabela 4, é possível observar que a classe de precipitações que ocorre com maior frequência é a terceira classe, variando de 558,50 a 725,80 mm ao ano, sendo que esse evento se repetiu 14 vezes (anos) dentro do período de estudo considerado.

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos a partir da análise estatística feita para os dados de precipitações anuais da cidade de Doutor Severiano – RN.

Tabela 5: Análise estatística para os dados de precipitação no período de 1964-2015, para Doutor Severiano – RN.

Parâmetro Estatístico	Valor
Média (mm)	790,34
Moda (mm)	710,59
Mediana (mm)	777,28
Valor Mínimo (mm)	223,90
Valor Máximo (mm)	1395,00
Desvio Padrão (mm)	± 252,38
Coeficiente de Variação – CV (%)	32,07

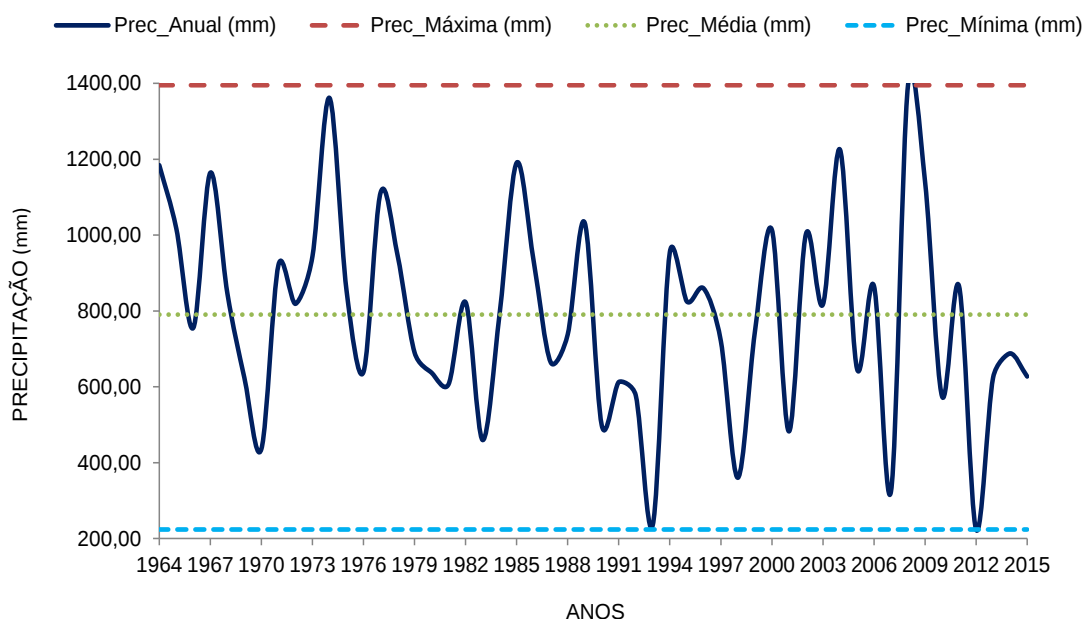
Fonte: Autora, 2016.

Assim como no caso de Pau dos Ferros, os valores de máxima (1395,00 mm) e mínima (223,90 mm) precipitações anuais da cidade de Doutor Severiano (RN) se distanciam do valor da precipitação média, 790,34 mm, calculada na análise, evidenciando a irregularidade com que as chuvas ocorrem também nesse município. E é devido a essa variação dos dados de precipitações que o coeficiente de variação (CV %) apresentou um valor de 32,07%, também podendo ser classificado como coeficiente de média variabilidade.

A moda apresentada pela amostra foi de 710,59 mm, e se encontra abaixo do valor da média de precipitações dos 52 anos analisados. Os dados apresentaram ainda um desvio padrão de ± 252,38 mm.

Na figura 10 pode ser observado o comportamento dos totais pluviométricos anuais da cidade de Doutor Severiano (RN), que oscilam em torno da média e dos valores de máxima e mínima precipitações. Verifica-se que houveram 17 anos com precipitações acima da média, correspondendo a 32,7% dos totais pluviométricos. 14 anos, equivalendo a 26,9% dos totais pluviométricos, oscilaram em torno da média anual e 21 anos, correspondentes a 40,4% dos totais pluviométricos, se mantiveram abaixo da média de precipitação anual.

Figura 10: Precipitações anuais, máximas, médias e mínimas de Doutor Severiano – RN, referentes ao período de 1964-2015.



Prec. – Precipitação.

Fonte: Autora, 2016.

A menor precipitação anual registrada no município de Doutor Severiano (RN), dentro do período de estudo, ocorreu no ano de 2012, correspondendo a 223,90 mm. Esse ano, assim como o de 1993, foi também bastante difícil para toda a população dessa região, que depende principalmente da ocorrência de chuvas, pois o seu sustento é oriundo da prática da agricultura. Por outro lado, o ano de maior precipitação foi o ano de 2008, atingindo 1395 mm.

Mesmo estando localizados bem próximos um do outro, os dois municípios apresentaram anos de precipitações extremas distintos, porém, de maneira geral, os valores de precipitações anuais são semelhantes, sendo que o município de Doutor Severiano costuma apresentar maiores totais pluviométricos, o que pode ser devido ao fato dele ser uma cidade serrana, e assim, portanto, mais favorável a ocorrência de precipitações.

Nota-se que, para Doutor Severiano, também não há uma formação de padrão que permita prever de quantos em quantos anos, provavelmente, poderão ocorrer secas no município. Mas, de acordo com o teste de Shapiro-Wilk, para um p-valor de 0,899, a distribuição normal se ajusta aos dados de precipitação anual. O que se observa, portanto, é que os totais pluviométricos do período de 1964 a 2015,

oscilam bastante de um ano para o outro, havendo baixas precipitações nos anos de 1998 e 2007, sendo que este último foi seguido por 2008, um ano de alto total pluviométrico; e secas severas em 1993 e em 2012.

O principal sistema atmosférico indutor de chuvas nessa região é a ZCIT, que a partir dos mês de junho, anualmente, se desloca mais ao norte devido aos movimentos de rotação da terra, provocando assim, anos de seca no semiárido, e consequentemente, nos municípios em estudo (SANTOS, 2012).

4.2 TÉCNICA DOS QUANTIS

4.2.1 Pau dos Ferros

Aplicada a técnica dos quantis, determinou-se os quantis para as precipitações anuais totais, de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6: Dados de precipitação pluvial anual e seus respectivos quantis, referente ao período de 1964-2015, para Pau dos Ferros – RN.

Ano	Pta (mm)	j	P_j
1993	212,60	1	0,019
2014	262,10	2	0,038
2012	271,00	3	0,057
1998	279,20	4	0,075
1990	332,90	5	0,094
1970	389,60	6	0,113
1983	453,90	7	0,132
2015	469,00	8	0,151
2005	486,20	9	0,170
2013	503,00	10	0,189
2001	521,20	11	0,208
2010	531,20	12	0,226
1992	577,50	13	0,245
1987	600,70	14	0,264
1991	612,40	15	0,283

1969	628,80	16	0,302
2007	665,40	17	0,321
1999	666,80	18	0,340
1968	667,50	19	0,358
1984	682,00	20	0,377
1997	692,80	21	0,396
1980	699,60	22	0,415
1988	707,40	23	0,434
1976	709,50	24	0,453
1985	722,50	25	0,472
1966	740,00	26	0,491
1971	751,90	27	0,509
1995	762,10	28	0,528
2003	770,50	29	0,547
1979	795,40	30	0,566
1981	801,40	31	0,585
1994	811,20	32	0,604
1965	846,80	33	0,623
2006	849,70	34	0,642
2011	883,80	35	0,660
1986	894,20	36	0,679
1982	897,20	37	0,698
1978	933,00	38	0,717
1996	935,00	39	0,736
2002	949,60	40	0,755
1989	964,20	41	0,774
1972	983,30	42	0,792
2000	994,80	43	0,811
2009	1005,90	44	0,830
1967	1016,70	45	0,849
1964	1060,60	46	0,868
1975	1066,10	47	0,887

1973	1122,10	48	0,906
1977	1190,00	49	0,925
2004	1225,10	50	0,943
2008	1235,00	51	0,962
1974	1505,20	52	0,981

Pta – Precipitação total anual; j – ordem; $p_j = \frac{j}{(N + 1)}$.

Fonte: Autora, 2016.

Logo após, foram obtidos os valores, em milímetros (mm), para os quantis Q(0,15), Q(0,35), Q(0,50), Q(0,65) e Q(0,85), a partir da equação 11, sendo que os quantis de 15% e 85% representam as classes extremas, muito seco e muito chuvoso, respectivamente, conforme verifica-se na Tabela 7:

Tabela 7: Classificação dos quantis da distribuição de precipitação pluvial anual de Pau dos Ferros – RN, referente ao período de 1964-2015.

Regimes de Chuva	Quantil	Precipitação (mm)
Muito Seco	$X_i \leq Q(0,15)$	$P \leq 468,25$
Seco	$Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35)$	$468,25 < P \leq 667,19$
Normal	$Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$	$667,19 < P < 851,01$
Chuvoso	$Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85)$	$851,01 \leq P < 1017,24$
Muito Chuvoso	$X_i \geq Q(0,85)$	$P \geq 1017,24$

Fonte: Autora, 2016.

A Tabela 8, a seguir, contém a classificação quanto ao regime de precipitação para cada ano pertencente a amostra.

Tabela 8: Classificação anual da precipitação pluvial do município de Pau dos Ferros – RN, pelas classes dos quantis, referente ao período de 1964-2015.

Ano	Pta (mm)	Classificação
1993	212,60	Muito Seco
2014	262,10	Muito Seco
2012	271,00	Muito Seco
1998	279,20	Muito Seco
1990	332,90	Muito Seco
1970	389,60	Muito Seco
1983	453,90	Muito Seco
2015	469,00	Seco
2005	486,20	Seco

2013	503,00	Seco
2001	521,20	Seco
2010	531,20	Seco
1992	577,50	Seco
1987	600,70	Seco
1991	612,40	Seco
1969	628,80	Seco
2007	665,40	Seco
1999	666,80	Seco
1968	667,50	Normal
1984	682,00	Normal
1997	692,80	Normal
1980	699,60	Normal
1988	707,40	Normal
1976	709,50	Normal
1985	722,50	Normal
1966	740,00	Normal
1971	751,90	Normal
1995	762,10	Normal
2003	770,50	Normal
1979	795,40	Normal
1981	801,40	Normal
1994	811,20	Normal
1965	846,80	Normal
2006	849,70	Normal
2011	883,80	Chuvoso
1986	894,20	Chuvoso
1982	897,20	Chuvoso
1978	933,00	Chuvoso
1996	935,00	Chuvoso
2002	949,60	Chuvoso
1989	964,20	Chuvoso
1972	983,30	Chuvoso
2000	994,80	Chuvoso
2009	1005,90	Chuvoso
1967	1016,70	Chuvoso
1964	1060,60	Muito Chuvoso
1975	1066,10	Muito Chuvoso
1973	1122,10	Muito Chuvoso

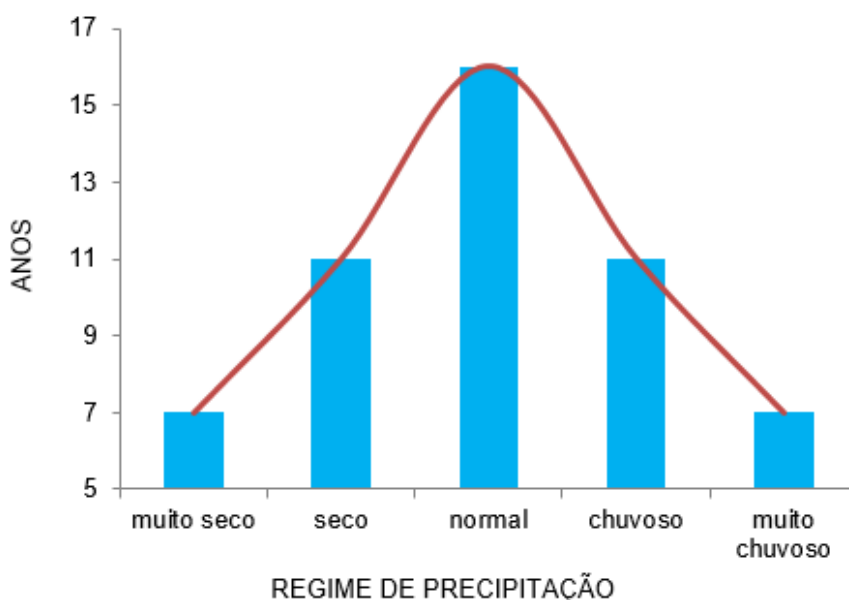
1977	1190,00	Muito Chuvoso
2004	1225,10	Muito Chuvoso
2008	1235,00	Muito Chuvoso
1974	1505,20	Muito Chuvoso

Pta – Precipitação Anual Total.

Fonte: Autora, 2016.

Esta classificação também pode ser visualizada através da Figura 11, que indica o período com eventualidades de precipitação conforme classificação do regime de chuvas.

Figura 11: Classificação do regime de precipitação anual de Pau dos Ferros – RN, referente ao período de 1964-2015.



Fonte: Autora, 2016.

Podemos observar que o gráfico apresenta uma distribuição normal praticamente perfeita, pois dentro do período de 52 anos estudados, 7 anos foram muito secos, o que corresponde a 13,5%; 11 anos foram secos, correspondendo a 21,1%; 16 anos foram normais, equivalendo a 30,8%, e sendo esta, a maior frequência; 11 anos foram chuvosos, 21,1% e 7 anos foram muito chuvosos, correspondendo a 13,5%, resultado que evidencia a existência de anos com baixas precipitações.

Apesar de apresentar uma amostra consideravelmente maior, os presentes resultados se assemelham aos obtidos em outros trabalhos de metodologias

semelhantes, como o trabalho de Monteiro, Rocha e Zanella (2012) e o trabalho de Barra (2015), os quais também apresentaram distribuição normal quase que perfeita para os dados de precipitações estudados, indicando assim, a ocorrência de sazonalidade regular no regime de distribuição dos totais pluviométricos em escala anual.

4.2.2 Doutor Severiano

Os quantis determinados para as precipitações anuais totais do município de Doutor Severiano estão dispostos na Tabela 9:

Tabela 9: Dados de precipitação pluvial anual e seus respectivos quantis, referente ao período de 1964-2015, para Doutor Severiano, RN.

Ano	Pta (mm)	j	P_j
2012	223,90	1	0,019
1993	236,00	2	0,038
2007	324,40	3	0,057
1998	360,40	4	0,075
1970	436,30	5	0,094
1983	459,80	6	0,113
2001	482,60	7	0,132
1990	498,60	8	0,151
2010	574,80	9	0,170
1992	577,50	10	0,189
1981	606,90	11	0,208
1991	612,40	12	0,226
1969	623,50	13	0,245
2013	624,30	14	0,264
2015	627,30	15	0,283
1980	637,20	16	0,302
1976	639,40	17	0,321
2005	648,00	18	0,340
1987	664,60	19	0,358

2014	688,00	20	0,377
1979	690,40	21	0,396
1997	720,80	22	0,415
1988	737,80	23	0,434
1999	744,80	24	0,453
1966	755,70	25	0,472
1984	793,40	26	0,491
2003	817,30	27	0,509
1972	818,90	28	0,528
1982	822,70	29	0,547
1995	825,10	30	0,566
1968	846,20	31	0,585
1975	854,80	32	0,604
1996	858,70	33	0,623
2011	864,96	34	0,642
2006	865,40	35	0,660
1971	920,90	36	0,679
1986	931,50	37	0,698
1973	943,90	38	0,717
1978	947,00	39	0,736
1994	954,20	40	0,755
2002	1002,40	41	0,774
2000	1013,70	42	0,792
1965	1016,70	43	0,811
1989	1032,30	44	0,830
1977	1111,30	45	0,849
2009	1140,77	46	0,868
1967	1164,30	47	0,887
1964	1184,00	48	0,906
1985	1190,30	49	0,925
2004	1225,10	50	0,943
1974	1361,40	51	0,962

2008	1395,00	52	0,981
------	---------	----	-------

Pta – Precipitação total anual; j – ordem; $p_j = \frac{j}{(N+1)}$.

Fonte: Autora, 2016.

Em seguida, foram obtidos os valores, em milímetros (mm), para os quantis Q(0,15), Q(0,35), Q(0,50), Q(0,65) e Q(0,85), a partir da equação 11, conforme apresentados na Tabela 10:

Tabela 10: Classificação dos quantis da distribuição de precipitação pluvial anual de Doutor Severiano – RN, referente ao período de 1964-2015.

Regimes de Chuva	Quantil	Precipitação (mm)
Muito Seco	$X_i \leq Q(0,15)$	$P \leq 497,80$
Seco	$Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35)$	$497,80 < P \leq 657,13$
Normal	$Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$	$657,13 < P < 864,96$
Chuvoso	$Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85)$	$864,96 \leq P < 1115,25$
Muito Chuvoso	$X_i \geq Q(0,85)$	$P \geq 1115,25$

Fonte: Autora, 2016.

Como já mencionado anteriormente, os quantis de 15% e 85% representam os regimes extremos, muito seco e muito chuvoso, respectivamente.

Na Tabela 11, está disposta a classificação dos regimes de precipitações do município de Doutor Severiano (RN), de acordo com o método dos quantis aplicado aos dados amostrais:

Tabela 11: Classificação anual da precipitação pluvial do município de Doutor Severiano – RN, pelas classes dos quantis, referente ao período de 1964-2015.

Ano	Pta (mm)	Classificação
2012	223,90	Muito Seco
1993	236,00	Muito Seco
2007	324,40	Muito Seco
1998	360,40	Muito Seco
1970	436,30	Muito Seco
1983	459,80	Muito Seco
2001	482,60	Muito Seco
1990	498,60	Seco
2010	574,80	Seco

1992	577,50	Seco
1981	606,90	Seco
1991	612,40	Seco
1969	623,50	Seco
2013	624,30	Seco
2015	627,30	Seco
1980	637,20	Seco
1976	639,40	Seco
2005	648,00	Seco
1987	664,60	Normal
2014	688,00	Normal
1979	690,40	Normal
1997	720,80	Normal
1988	737,80	Normal
1999	744,80	Normal
1966	755,70	Normal
1984	793,40	Normal
2003	817,30	Normal
1972	818,90	Normal
1982	822,70	Normal
1995	825,10	Normal
1968	846,20	Normal
1975	854,80	Normal
1996	858,70	Normal
2011	864,96	Normal
2006	865,40	Chuvoso
1971	920,90	Chuvoso
1986	931,50	Chuvoso
1973	943,90	Chuvoso
1978	947,00	Chuvoso
1994	954,20	Chuvoso
2002	1002,40	Chuvoso

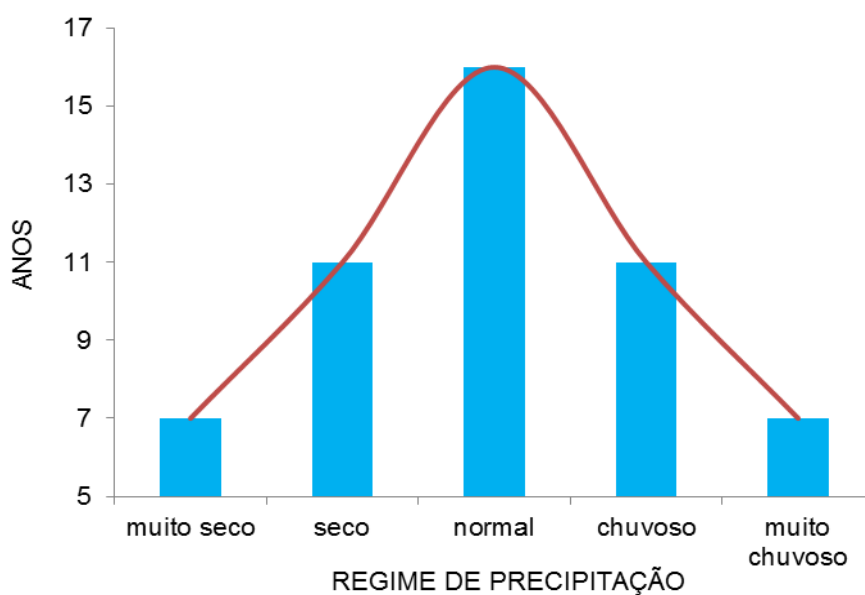
2000	1013,70	Chuvoso
1965	1016,70	Chuvoso
1989	1032,30	Chuvoso
1977	1111,30	Chuvoso
2009	1140,77	Muito Chuvoso
1967	1164,30	Muito Chuvoso
1964	1184,00	Muito Chuvoso
1985	1190,30	Muito Chuvoso
2004	1225,10	Muito Chuvoso
1974	1361,40	Muito Chuvoso
2008	1395,00	Muito Chuvoso

Pta – Precipitação Anual Total.

Fonte: Autora, 2016.

Essa classificação também pode ser verificada na Figura 12, que indica o período com eventualidades de precipitação conforme a classificação do regime de chuvas.

Figura 12: Classificação do regime de precipitação anual de Doutor Severiano – RN, referente ao período de 1964-2015.



Fonte: Autora, 2016.

Observamos que, assim como para os dados de Pau dos Ferros, para os dados de Doutor Severiano, obteve-se a mesma distribuição quase normal e ocorreram 7 anos muito secos, correspondendo a um percentual de 13,5%; 11 anos secos, 21,1%; 16 anos normais, 30,8%; 11 anos chuvosos 21,1%; e 7 anos muito chuvosos, 13,5%, onde vê-se novamente a ocorrência de sazonalidade regular no regime de distribuição dos totais pluviométricos em escala anual.

Nota-se, portanto, uma semelhança na caracterização pluviométrica dos dois municípios, apesar deles apresentarem topografias e climas distintos, já que um é uma cidade serrana, e o outro não. Os anos de baixas precipitações foram comuns aos dois municípios, bem como os de precipitações altas, havendo apenas pequenas variações de um para o outro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos métodos estatísticos de distribuição de frequência e da técnica dos quantis para a caracterização da precipitação pluvial dos municípios de Pau dos Ferros e Doutor Severiano (RN), mostrou-se de grande importância teórica e metodológica, pois essa caracterização poderá contribuir diretamente para o planejamento regional e urbano dessas localidades, assim como poderá servir de subsídio para futuros trabalhos e/ou projetos de pesquisa relacionados à área.

Para o município de Pau dos Ferros (RN), observou-se a ocorrência de uma precipitação mínima de 212,60 mm no ano de 1993, uma média de 756,45 mm, e máxima de 1505,20 mm, no ano de 1974, sendo que o seu regime de precipitação predominante, dentro do período estudado, foi o regime Normal. Quanto ao município de Doutor Severiano (RN), observou-se a ocorrência de uma precipitação mínima de 223,90 mm no ano de 2012, uma média de 790,34 mm, e uma precipitação máxima de 1395,00 mm, no ano de 2008, sendo que o seu regime de precipitação predominante, dentro do período estudado, também foi o regime Normal, assim como no caso de Pau dos Ferros.

Portanto, nos dois municípios estudados, observou-se a ocorrência de eventos extremos, assim como houveram também a ocorrência de precipitações anuais oscilando em torno da média anual total, calculada pelo método da distribuição de frequência, e, de acordo com o resultado da técnica dos quantis, o percentual de anos classificados como sendo muito secos coincidiu com o percentual de anos classificados como sendo muito chuvosos, o que indica que a problemática da falta de água na região não se deve apenas a irregularidade da ocorrência de chuvas, mas também à falta de planejamento adequado e de políticas de gerenciamento dos recursos hídricos, combinados à propostas de convivência com a seca.

De fato, não é possível prever em qual ano ocorrerá seca nesses municípios, apesar de se ter observado que elas ocorrem, geralmente, uma ou duas vezes dentro de uma década. Assim, faz-se necessário, portanto, que haja uma reeducação da população quanto ao uso da água, como também é imprescindível o incentivo dos governos locais à realização de práticas sustentáveis, bem como uma melhor administração dos recursos hídricos pertencentes aos municípios, garantindo, portanto, aos moradores locais uma melhor convivência com a seca.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. A. de. Variabilidade anual da precipitação pluvial em Cabaceiras, PB. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XIII, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2003, **Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, 2003. pp. 835-837.
- BARRA, Bárbara B. M.. **Caracterização da precipitação pluviométrica da microrregião de pau dos ferros – RN**. 2015. 45 f. TCC (graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2015.
- DINIZ, Marco Túlio M., et al. **SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES E DIVERSIDADE PLUVIOMÉTRICA EM SERGIPE**. Boletim Goiano de Geografia. Goiânia, v. 34, 2014.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, FUNCEME. **SISTEMAS METEOROLÓGICOS CAUSADORES DE CHUVA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**. Fortaleza, 2002. Disponível em: <http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Grafico_chuvas_postos_pluviometricos/entender/entender2.htm>. Acesso em 21 mar. 2016.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE. **Perfil do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal: IDEMA, RN, 2002. p. 85.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 10 fev. 2016.
- ANTENOR JÚNIOR, R. B. **Elementos de Hidrologia Aplicada a Estudos de Graduação**. Cap. 3. p. 32-55. Janeiro, 2013.
- METEOROLOGIA APLICADA A SISTEMAS DE TEMPO REGIONAIS – MASTER. **Zona de Convergência Intertropical**. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo, 2010.
- MONTEIRO, J.B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. 2012. **Técnica dos Quantis para caracterização de anos secos e chuvosos (1980 – 2009)**: Baixo Curso do Apodi – Mossoró/RN. Revista do Departamento de Geografia – USP, v. - 23 - p. 232-249.
- PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area**. Colorado: State University, Boulder-Co, 1966. (Hidrology papers, n. 12).
- PONTES, E. T. M.; MACHADO, T. A. **Desenvolvimento Sustentável e Convivência com o Semi-Árido: o caso do programa um milhão de cisternas rurais no nordeste brasileiro**. Universidade Federal de Pernambuco. Ano: 2012.
- SANTOS, A. R. dos. **Precipitação Atmosférica**. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Departamento de Geografia, 2012.

SANTOS, E. A. **Variabilidade no regime pluvial nas microrregiões do sertão da Paraíba nos anos de El Niño Oscilação Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Educação, 2012.

SENA, J. P. O.; et al. **Caracterização da precipitação na microrregião do Cariri paraibano por meio da técnica dos quantis**. Revista Brasileira de Geografia Física, vol. 07, n. 05, p. 871-879. 2014.

SHIGUTI, W. A.; SHIGUTI, V. S. C. **Apostila de Estatística**. Brasília, 2006.

SILVA, J. C. da. **Análise da distribuição de chuva para Santa Maria, RS**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. - 11, n. - 1, p. - 67-72. Campina Grande, 2007.

SPIEGEL, Murray R.. **Estatística**: 3. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1993. 643 p.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980.

XAVIER, T. de M. B. S. **Tempo de chuva**: estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste setentrional. Fortaleza: ABC Editora, 2001.

XAVIER, T. de M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Papel da componente meridional do vento na costa do Nordeste para a previsão da chuva no Estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11. Vitória, ES. **Anais...** Vitória, 2004. p. 537-543.

XAVIER, T. de M. B. S; XAVIER, A. F. S; ALVES, J. M. B. **Quantis e eventos extremos**: aplicações em ciências da terra e ambientais. Fortaleza: RDS, 2007. 278 p.