



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM ANOS EXTREMOS NO
CARIRI PARAIBANO E SUAS CONSEQUÊNCIAS NA AGRICULTURA E
COBERTURA VEGETAL**

JARICÉLIA PATRÍCIA DE OLIVEIRA SENA

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
FEVEREIRO - 2017**

JARICÉLIA PATRÍCIA DE OLIVEIRA SENA

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM ANOS EXTREMOS NO
CARIRI PARAIBANO E SUAS CONSEQUÊNCIAS NA AGRICULTURA E
COBERTURA VEGETAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:

Engenharia de Irrigação e Drenagem

ORIENTADOR:

Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

FEVEREIRO – 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- S474a Sena, Jaricélia Patrícia de Oliveira.
Análise da precipitação pluviométrica em anos extremos no Cariri Paraibano e suas conseqüências na agricultura e cobertura vegetal / Jaricélia Patrícia de Oliveira Sena. – Campina Grande, 2017.
97 f. il. color.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2017.
"Orientação: Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto".
Referências.
1. Eventos Extremos de Precipitação. 2. Variabilidade dos Oceanos. 3. IVDN. I. Moraes Neto, João Miguel de. II. Título.
- CDU 624.121(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

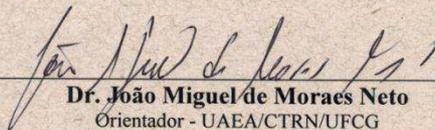
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

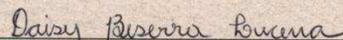
JARICÉLIA PATRÍCIA DE OLIVEIRA SENA

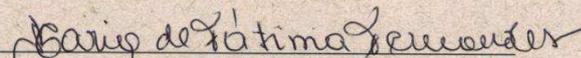
ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM ANOS EXTREMOS NO
CARIRI PARAIBANO E SUAS CONSEQUENCIAS NA AGRICULTURA E
COBERTURA VEGETAL

APROVADA: 15 de fevereiro de 2017

BANCA EXAMINADORA


Dr. João Miguel de Moraes Neto
Orientador - UAEA/CTRN/UFCEG


Dr. Daisy Beserra Lucena
Examinadora - DGEOC/CCEN/UFPE


Dr. Maria de Fátima Fernandes
Examinadora - UAEA/CTRN/UFCEG

RELATÓRIO FINAL DO ORIENTADOR

Av. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário
58429-140 – Campina Grande - PB
Fone: (83) 2101.1055. Fax: (83) 2101.1185
<http://www.deag.ufcg.edu.br/copeag>

Tudo posso naquele que me fortalece. (Filipenses 4:13)

A Deus, expressão maior de amor, força, fé e sabedoria, que me permitiu chegar até aqui, por ter me concedido a oportunidade de transformar em realidade um dos meus sonhos. Aos meus pais, Jadismar Ferreira de Sena e M^a do Socorro de Oliveira Sena, meus irmãos e todos os familiares.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor da vida Eterna, pelo seu grandioso e misericordioso amor, por me conceder o dom da vida, pela inspiração que me permitiu obter esta conquista, por ser minha fortaleza e o meu porto seguro nos momentos mais difíceis. Ao todo soberano Deus, porque até aqui me ajudou o Senhor.

Aos meus pais, Jadismar e Socorro, pela vida e educação, além do apoio e amor incondicional. Aos meus irmãos Jorismar, Josias e Jonas pelo carinho e compreensão, sobretudo nos momentos de estresse.

Aos meus primos e tios que vibraram por esta vitória, por vezes distantes, mas sempre me incentivaram a seguir em frente. Em especial à Andréia Sena, pelas palavras de ânimo, por sempre me incentivar e torcer por cada conquista.

À Ilonita Sena, pela contribuição e sugestões na reta final desse trabalho.

À Leandro Sena, primo, irmão, companheiro, conselheiro, amigo, meu muito obrigado por ser tão especial em minha vida, agradeço a Deus por ter a oportunidade de compartilhar com você quase sempre, as mesmas conquistas. Sabemos que não foi fácil chegar até aqui. Mas, o Senhor nos conduziu em todos os momentos difíceis, quando pensávamos que não íamos vencer. Mesmo sem merecermos o Senhor cuida de nós.

Aos meus familiares que de alguma forma torceram por esta conquista.

Ao Professor João Miguel, pela orientação, ensinamentos e amizade.

Um agradecimento todo especial à Professora Daisy Beserra Lucena, por está sempre a disposição para me ajudar em qualquer momento, pela orientação, paciência, ensinamento e amizade que levarei pela vida inteira. Que o Senhor lhe cubra a cada dia com suas maravilhosas bênçãos.

Ao funcionário Miguel do Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto, pela indispensável colaboração neste trabalho.

À professora e coordenadora da Pós-graduação, Vera Lúcia Antunes, pelo apoio, compreensão e amizade.

Aos colegas de turma de mestrado, pelo convívio durante os dois últimos anos, em especial a Teresa Cristina, pela convivência durante as disciplinas e pelos momentos de estudos.

As amigas e irmãs em Cristo que, sempre torceram por mim, pelo meu sucesso profissional: Katiana, Glisnilda e Irene, meu muito obrigada pelas orações, palavras de ânimo, sempre que eu estava precisando.

Ao meu amigo Fabiano Arruda, que vem me acompanhando desde a graduação, mesmo distante, sempre com palavras de incentivo para que eu seguisse adiante, muito obrigada pela paciência e principalmente pelo carinho, por sempre me fazer acreditar que sou capaz de vencer meus próprios medos.

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial aos Professores e colegas da Unidade Acadêmica de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pelo carinho e conhecimento que me transmitiram durante esses dois anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo durante o mestrado.

A banca examinadora pela contribuição para o aperfeiçoamento na versão final desse trabalho.

Enfim, agradeço a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para minha qualificação profissional.

OBRIGADA!

RESUMO

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM ANOS EXTREMOS NO
CARIRI PARAIBANO E SUAS CONSEQUÊNCIAS NA AGRICULTURA E
COBERTURA VEGETAL**

A precipitação pluviométrica é um importante fator de controle do ciclo hidrológico, além de ser uma das variáveis do clima que exerce maior influência na qualidade ambiental, interferindo diretamente em diversos setores da sociedade, principalmente nas regiões que sofrem com a irregularidade da distribuição pluviométrica, como o Cariri Paraibano. Diante disso, este trabalho tem como objetivo investigar: o comportamento da precipitação em anos extremos, a influência dos oceanos e o impacto na agropecuária e na cobertura vegetal na região do Cariri Paraibano. Foram selecionados os municípios de Sumé (localizado no Cariri Ocidental) e São João do Cariri (Cariri Oriental). Os dados de precipitação mensal foram obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESPA), para o período de 1995 a 2015. Verificou-se que os menores índices pluviométricos anuais encontram-se nos meses de setembro a novembro, na parte leste da região (Cariri Oriental) e os maiores na parte oeste (Cariri Ocidental). Os maiores valores de precipitação concentram-se nos cinco primeiros meses do ano, com uma contribuição de 76,57% da precipitação anual. A partir da técnica do *box-plot* e dos quantis, foi possível realizar a classificação dos eventos de precipitação extrema. Após a identificação dos anos de eventos secos e chuvosos, estes foram relacionados com as fases do El Niño Oscilação Sul (ENOS) e do Gradiente meridional inter-hemisférico da temperatura da superfície do mar (GRADM), e constatou-se que, os mesmos influenciam os eventos de precipitação, e como consequências afetam também nos quantitativos da produção agropecuária. A análise visual e o processamento digital das imagens do satélite Landsat-5, mostrou-se bastante eficaz na identificação dos alvos terrestres (vegetação, solo e água). Observou-se também que, a partir do cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) foi possível observar diferenças nos alvos terrestres, quando analisado os anos extremos 1998, 1999, 2008 e 2009. Por fim conclui-se que, os métodos aplicados podem ser utilizados como uma ferramenta para acompanhamento climático, e que os oceanos influenciam na precipitação, prejudicando a população da região que sobrevive da agropecuária.

Palavras-chave: Eventos extremos de precipitação. Variabilidade dos oceanos. IVDN.

ABSTRACT

ANALYSIS OF PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN EXTREME YEARS IN PARAIBANO CARIRI AND THEIR CONSEQUENCES IN AGRICULTURE AND VEGETABLE COVERAGE

Precipitation is an important control factor of the hydrological cycle, and also one of the climate variables that exerts the greatest influence on the environmental quality, directly interfering in several sectors of society, especially in regions that suffer from the irregularity of the rainfall distribution, such as Cariri Paraibano. The objective of this work is to investigate the precipitation behavior in extreme years, the influence of the oceans and the impact on agriculture and vegetation cover in the region of Cariri Paraibano. Were selected the municipalities of Sumé (located in Cariri Ocidental) and São João do Cariri (Cariri Oriental). The monthly precipitation data were obtained from the Executive Agency for the Management of Waters of the state of Paraíba (AESAs) for the period 1995 to 2015. It was verified that the lowest annual precipitation rates are from September to November, The eastern part of the region (Cariri Oriental) and the largest in the western part (Western Cariri). The highest values of precipitation are concentrated in the first five months of the year, with a contribution of 76.57% of the annual precipitation. From the *box-plot* technique and the quantiles, it was possible to classify extreme precipitation events. After identification the years of dry and rainy events, these were related to the phases El Niño Southern Oscillation (ENSO) and the interhemispheric meridional temperature gradient of the sea surface (GRADM). And it was verified that, they influence the precipitation events, and as consequences also affect the quantitative of the agricultural production. The visual analysis and the digital processing of Landsat-5 satellite images proved to be very effective in identifying terrestrial targets (vegetation, soil and water). It was also observed that, based on the calculation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), it was possible to observe differences in the terrestrial targets, when analyzed the extreme years 1998, 1999, 2008 and 2009. Finally, it can be concluded that the applied methods can be used as a tool for climate monitoring, and that the oceans influence precipitation, harming the population of the region that survives from agriculture.

Keywords: Extreme events of precipitation. Variability of the oceans. NDVI.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Padrão de Circulação observada sobre o Oceano Pacífico Equatorial em 28 anos de (a) El Niño; (b) Normais e (c) La Niña. Regiões com águas mais quentes representadas pelas cores avermelhadas e mais frias pelas cores azuladas.
- Figura 2** – Planialtimetria do Cariri (Cota 100 m). Orientação dos relevos e 36 distribuição das altitudes do Cariri paraibano.
- Figura 3** – Mapa da Divisão Política do Estado da Paraíba, localização das áreas de 39 estudo no Estado da Paraíba.
- Figura 4** – Fluxograma simplificado das etapas de trabalho. 42
- Figura 5** - Localização das estações pluviiais no Cariri Ocidental e Oriental. 43
- Figura 6** - Esquema de interpretação do gráfico tipo *box-plot*. 47
- Figura 7** - Distribuição espacial da precipitação anual (mm) para a região do Cariri 55 Paraibano (1995 -2015).
- Figura 8** - Distribuição espacial do desvio padrão da precipitação pluviométrica 55 anual para a região do Cariri Paraibano (1995 -2015).
- Figura 9** - Distribuição anual da precipitação (a) máxima (b) mínima para a região 56 do Cariri Paraibano (1995 -2015).
- Figura 10** - Ciclo anual da precipitação para o Cariri Ocidental e Oriental (1995 – 57 2015).
- Figura 11** - Variação interanual da precipitação padronizada para a região do Cariri 58 Ocidental e Oriental (1995-2015). A linha na cor verde mostra a tendência linear da série.
- Figura 12** -Box plot dos dados anuais de precipitação (mm) para: (a) Cariri 61 Ocidental e (b) Cariri Oriental, no período de 1995 – 2015.
- Figura 13** - Box plot dos dados mensais de precipitação (mm) para: (a) Sumé e (b) 62 São João do Cariri, no período de 1995 – 2015.
- Figura 14** - Frequência relativa das categorias de intensidade da precipitação para 64 os municípios de Sumé e São João do Cariri (1995-2015).
- Figura 15** – Distribuição temporal da qualidade chuvosa para o município de Sumé 66 para o período de 1995-2015. A linha na cor vermelha mostra a média climatológica ($\bar{x} = 536$ mm e $\delta = 234$ mm).

- Figura 16** – Distribuição temporal da qualidade chuvosa para o município de São João do Cariri para o período de 1995-2015. A linha na cor vermelha mostra a média climatológica ($\bar{x} = 520$ mm e $\delta = 292$ mm). 66
- Figura 17** – Composição multiespectrais ajustada para o município de Sumé: em (a) para o ano de 1998, (b) para o ano de 1999, (c) para o ano de 2008 e em (d) para o ano de 2009. 74
- Figura 18** – Composição multiespectrais ajustada para o município de São João do Cariri: em (a) para o ano de 1998, (b) para o ano de 1999, (c) para o ano de 2008 e em (d) para o ano de 2009. 76
- Figura 19** – Porcentagens dos alvos terrestres para Sumé. 77
- Figura 20** – Mapa da cobertura vegetal para o município de Sumé em (a) para a data de 14 de outubro de 1998, (b) para a data 17 de outubro de 1999, (c) para a data 23 de setembro de 2008 e em (d) para a data de 13 de janeiro de 2009. 79
- Figura 21** – Porcentagens dos alvos terrestres para São João do Cariri. 80
- Figura 22** – Mapa da cobertura vegetal para o município de São João do Cariri em (a) para a data de 14 de outubro de 1998, (b) para a data 17 de outubro de 1999, (c) para a data 23 de setembro de 2008 e em (d) para a data de 13 de janeiro de 2009. 81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição mensal da pluviometria para o Cariri Ocidental e Oriental.	37
Tabela 2 - Estações utilizadas na região do Cariri Ocidental e Oriental.	43
Tabela 3 - Dados das imagens Landsat-5.	44
Tabela 4 – Eventos Extremos sobre os Oceanos. (a) Pacífico: Anos de El Niño e La Niña com sua devida intensidade. (b) Atlântico: Anos de GRADM + e GRADM -.	46
Tabela 5 –Classificação das categorias e probabilidade da precipitação anual relacionadas às ordens quantílicas para a região do Cariri Paraibano.	49
Tabela 6 – Eventos extremos de precipitação e condições sobre os oceanos Pacífico e Atlântico. (a) eventos chuvosos (b) eventos secos.	59
Tabela 7 – Classificação da intensidade da precipitação anual para Sumé e São João do Cariri.	63
Tabela 8 – Quantidade de área plantada e colhida (em hectares) para as culturas do milho e feijão em Sumé e São João do Cariri.	69
Tabela 9 – Efetivo pecuário por município e por tipo de rebanho.	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NEB – Nordeste do Brasil

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

ENOS – El Niño – Oscilação Sul

TSM – Temperatura da superfície do mar

GRADM – Gradiente Meridional da Temperatura da Superfície do Mar

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IVDN – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

EN – El Niño

LN – La Niña

CMA – Composição Multiespectrais Ajustadas

CPC – Climate Prediction Center

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

VCAN – Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

IOS – Índice de Oscilação Sul

APNM – Anomalia de Pressão ao Nível do Mar

REM – Radiação Eletromagnética

ONU – Organização das Nações Unidas

LMRS – Laboratório de Meteorologia Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	20
2.1 Geral.....	20
2.2 Específicos.....	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 Variabilidade Climática.....	21
3.2 Precipitação.....	22
3.3 Eventos extremos.....	24
3.4 A influência dos oceanos sobre a precipitação.....	26
3.5 Oceanos Pacífico Tropical.....	26
3.6 Oceano Atlântico Tropical.....	29
3.7 Aspectos Econômicos.....	31
3.8 Sensoriamento Remoto.....	32
3.9 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN).....	34
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
4.1 Localização e descrição da área de estudo.....	36
4.2 Caracterização geoambiental da área de estudo.....	39
4.2.1 Clima.....	39
4.2.2 Vegetação.....	40
4.2.3 Solo.....	40
5. MATERIAIS E MÉTODOS	42
5.1 Dados.....	42
5.2 Metodologia.....	44
5.2.1 Precipitação.....	44
5.2.2 Seleção dos Eventos sobre os Oceanos.....	45
5.2.3 Técnica do <i>box-plot</i>	47
5.2.4 Técnica dos Quantis.....	48
5.2.5 Processamento digital das imagens.....	50
5.2.6 Operação aritméticas razão entre as bandas – IVDN (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada) das bandas 4 e 3	51

5.2.7 Composição multiespectral ajustada das bandas 3 + IVDN + banda 1.....	52
5.2.8 Segmentação das imagens IVDN.....	52
5.2.9 Classificação das imagens.....	52
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
6.1 Variabilidade da precipitação.....	54
6.2 Descrição estatística dos dados de precipitação.....	60
6.3 Eventos extremos de precipitação.....	62
6.4 Estudo de caso: consequências dos eventos extremos secos (1998 e 1999) e chuvosos (2008 e 2009).....	68
6.5 Processamento digital de imagem.....	71
6.5.1 Composição multiespectrais ajustadas.....	71
6.5.2 Análise das Composições Multiespectrais.....	71
7. CONCLUSÕES.....	82
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

1. INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é um importante fator de controle do ciclo hidrológico, como também uma das variáveis do clima, que exerce maior influência na qualidade ambiental. Levando em consideração que esse é um fenômeno natural complexo percebe-se a necessidade de uma análise mais detalhada, para que possa ser alcançado o máximo aproveitamento de informações sobre a caracterização da variabilidade pluviométrica, tanto em relação ao tempo como ao espaço.

No que se refere às mudanças climáticas, atualmente esse é um tema que tem suscitado diversas discussões e pesquisas científicas, com o objetivo de minimizar os efeitos causados de forma direta ou indireta à população, pois diversos setores são afetados, dentre eles: a agropecuária, o comércio, o turismo, o meio ambiente, entre outros. Tornando dessa forma, o conhecimento da precipitação de uma localidade de extrema importância para que sejam elaborados metas e planos de ação, a fim de reduzir as consequências causadas por períodos muito chuvosos ou de severa estiagem. Segundo Zavattini (2009), a distribuição pluviométrica deve ser analisada sob os aspectos quantitativos e qualitativos, ou seja, como se comporta os diferentes volumes de precipitação e os padrões de distribuição pluviométrica.

As alterações no clima podem ser causadas pela ação direta do homem sobre o meio físico, que de modo geral é irreversível, ou por causas naturais, essas associadas à circulação atmosférica (enchentes, secas, etc.), além de estarem ligadas a eventos climáticos observados ao longo de períodos comparáveis de tempo. Pois, o clima apresenta variabilidade no espaço e no tempo, de forma sazonal e/ou interanual, podendo a escala temporal variar de horas até milênios; em recursos hídricos, geralmente se estuda o comportamento dos sistemas hídricos dentro da sazonalidade anual e para períodos de dados geralmente da ordem de 15 a 80 anos (LIMEIRA, 2008).

A região Nordeste do Brasil (NEB) está situada na zona tropical, entre os meridianos de 35° e 47°W e os paralelos de 1° e 18°S, ocupa uma área de 1,5 milhões de Km², sendo a região mais politicamente subdividida do País, com nove Estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Sendo a precipitação a característica mais marcante da região NEB, um parâmetro meteorológico altamente variável no tempo e no espaço. Na Paraíba, é perceptível uma variabilidade na precipitação acumulada inferior a 350 mm/ano, a exemplo do Cariri Paraibano, e outras com totais superiores a 1700 mm/ano, como o

Litoral da Paraíba (MENEZES, 2006). É uma região com elevada variabilidade interanual da precipitação, com anos extremamente secos e outros chuvosos (MARENGO et al., 2011). No semiárido do Nordeste, especialmente o paraibano, a quantidade e a distribuição de chuva anual na estação chuvosa apresentam-se de forma escassa e irregular, além das grandes quantidades de chuvas ocorrerem em um curto período de tempo (ALMEIDA, 2008).

O foco do estudo será o Cariri paraibano, região onde estudos comprovam que a irregularidade na distribuição da precipitação pluviométrica, oscila em torno de 350 a 500 mm/ano, com os maiores valores concentrados em apenas 3 ou 4 meses, nos demais, a precipitação registrada é pequena ou quase inexistente, causando vários problemas econômicos, com intensos reflexos nas áreas sociais (LIMEIRA, 2008).

As adversidades climáticas aliadas ao pouco acesso as modernas tecnologias disponíveis ao homem do campo, resultaram em consequências danosas as populações locais, principalmente na agricultura e na pecuária que são à base da economia local (SILVA et al., 2004). Evidenciando assim, a necessidade de se estudar os fatores que possam influenciar direta ou indiretamente o clima da região.

Alguns autores como Molion e Bernardo (2002), Moraes Neto (2003), Ferreira e Mello (2005), Alves et al. (2006), dizem que essa variabilidade na precipitação é influenciada por mecanismos inter-relacionados com os fenômenos atmosféricos, como: A Posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) e as Oscilações de Temperatura da Superfície do Mar (TSM). O fenômeno El Niño, pode ser mais intenso quando acontecer simultaneamente com o dipolo positivo do Atlântico, que é a diferença entre a anomalia da TSM do Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico Sul, sendo a precipitação pluviométrica e a temperatura os elementos climáticos mais importantes para caracterizar o clima de qualquer região (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Molion e Bernardo (2002) afirmam que a variabilidade interanual da distribuição de chuvas no Nordeste Brasileiro (NEB) nas escalas espacial e temporal, está diretamente relacionada às mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico. O El Niño – Oscilação Sul (ENOS), perturbação climática de escala global, pode ser sentido pela alteração no regime de precipitação que, dependendo da intensidade do evento, pode resultar em secas severas no Nordeste brasileiro, afetando, assim, as atividades humanas.

Nas últimas décadas os eventos extremos, dentre os quais se podem citar: o período de estiagem, inundações, deslizamentos e etc., têm afetado diversas cidades brasileiras causando múltiplos e constantes impactos, tais como: elevado número de mortes, feridos, desabrigados, proliferação de doenças, perdas econômicas, impactos ao meio ambiente, dentre outros. Esses impactos são ainda mais susceptíveis a população que vive em situação de vulnerabilidade (LOUREIRO et al., 2014).

A exploração inapropriada das terras realizada pelo homem é um dos fatores que gera preocupação, pois ele poder ser apontado como umas das principais causas da redução da cobertura vegetal, destruindo e colocando em risco o ecossistema da caatinga, comprometendo, assim, o uso dos recursos para as gerações futuras (SOUSA, 2007). Como uma prática de sobrevivência, a população se volta à natureza, desmatando a caatinga para fabrico de carvão ou vendê-la como lenha para as olarias, padarias e etc. No entanto, o efeito deste desmatamento é desastroso, pois os solos rasos, característicos da região semiárida, são facilmente erodidos, deixando uma paisagem desoladora (ALENCAR, 2004).

Mediante ao que foi apresentado, é perceptível a importância dos estudos que avaliem a distribuição espacial e temporal da precipitação, assim como o comportamento da cobertura de vegetação na região do Cariri Paraibano, facilitando as autoridades governamentais e a própria sociedade civil a tomar decisões e soluções referentes à problemática.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

As mudanças no clima constituem um importante fator limitante na sustentabilidade da vida no semiárido. Sabendo disso, surge o interesse em investigar de forma mais detalhada as causas da escassez, irregularidade, má distribuição das precipitações pluviométricas e o impacto socioeconômico. A partir disso, o objetivo principal é:

Investigar o comportamento da precipitação em anos extremos, a influência dos oceanos e o impacto na agropecuária e na cobertura vegetal na região do Cariri Paraibano.

2.2 Específicos

- i) Analisar o comportamento temporal e espacial da precipitação anual no Cariri Paraibano;
- ii) Identificar os eventos extremos de precipitação na região em estudo – Cariri Paraibano;
- iii) Verificar a relação de fenômenos sobre os Oceanos Atlântico (Gradiente Meridional da Temperatura da Superfície do Mar) e Pacífico (El Niño e La Niña) sobre o comportamento da precipitação na região;
- iv) Relacionar o impacto dos fenômenos acima citados, nos anos extremos sobre a agricultura e pecuária;
- v) Identificar e quantificar a cobertura vegetal por meio de imagens de satélite utilizando-se o IVDN (Índice de vegetação por Diferença Normalizada);
- vi) Comparar o IVDN para anos de eventos extremos de precipitação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Variabilidade Climática

O clima é um dos componentes mais imprevisíveis entre os constituintes da natureza, expondo condições muito diferentes em qualquer segmento temporal de análise, sejam estes anuais, sazonais ou mensais (ALMEIDA, 2005). Não é somente uma variável que define as estações do ano, trata-se de um fenômeno dinâmico e natural causado pelo sistema Sol-Atmosfera-Terra (MOLION, 2005) e representa grande influência nas atividades humanas (AYOADE, 1986). Portanto, para melhor compreendê-lo, se faz necessária uma análise unificada de todos os elementos, fatores, variáveis e componentes genéticos que o produzem. A partir disso, é possível averiguar correlações de sua dinâmica e tendência/variabilidade e os impactos produzidos no território.

Segundo Sant'Anna Neto (2008), o clima e seus impactos, numa concepção geográfica, devem atingir dois níveis: o socioeconômico, que é um fenômeno socialmente produzido, e o ambiental, que compreende a influência dos fenômenos atmosféricos e os padrões climáticos. Com base nesses dois níveis, vários estudos científicos têm sido produzidos e, cada vez mais, despertam o interesse da sociedade, principalmente, em debates relativos às questões ambientais, a variabilidade climática como também as mudanças climáticas globais e regionais.

Em condições adequadas o clima e as variações climáticas, executam uma influência positiva sobre a sociedade, através da precipitação pluvial, luminosidade, vento, dentre outros. Entretanto, em condições negativas o resultado pode ser prejudicial/adverso visível através de enchentes, tempestades, secas, granizo entre outras (SOUSA, 2006).

O clima tem grande influencia em diversos setores, dentre eles: na economia, na pecuária, na agricultura, nos recursos hídricos, no turismo, na saúde, na engenharia, na produção de energia, entre outros; sendo a agricultura uma das atividades mais vulneráveis às mudanças climáticas (MIRANDA et al. 2010). Elas podem afetar os sistemas agrícolas regionais, com sérias consequências na produção de alimentos. Por isso, o uso de informações meteorológicas e climáticas é fundamental para que a agricultura se torne uma atividade sustentável (SIVAKUMAR et al., 2000).

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) a variabilidade do clima é definida, como um parâmetro climático que varia no interior de um determinado período de registro, expresso através de desvio-padrão ou coeficiente de variação (CONTI, 2005). Sentelhas et al. (2000) a definem como uma variação das condições climáticas em torno da média climatológica. Na concepção de Conti (2005) trata-se de um produto tanto do espaço quanto do tempo, e sua tendência nunca é igual, variando de ano para outro e de década para década. É possível analisar variações a curto, médio e em longo prazo e, neste caso, o clima é resultado de um processo complexo que envolve a atmosfera, oceano, superfície sólida, neve, gelo, etc.

Sentelhas et al. (2000, p.106) escrevem que as “[...] condições climáticas na Terra sofrem flutuações contínuas. Dependendo da escala de tempo em que se trabalha é possível visualizar essa variabilidade e definir o que são mudanças climáticas”. Os autores relatam que é difícil a comprovação de mudanças climáticas por várias razões: a dificuldade em se ponderar o efeito da variabilidade natural, as mudanças nas técnicas de medida da temperatura ao longo do tempo, da distribuição inadequada de pontos de medida e da dificuldade de modelagem do clima. Pinto e Aguiar Neto (2008), subsidiado nos conceitos da OMM corroboram com Sentelhas et al. (2000), reafirmando que a variabilidade climática é o termo sobre o qual incide maior imprecisão.

3.2 Precipitação

A precipitação pluviométrica pode ser definida como sendo toda água, seja na forma líquida ou sólida, proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre (FERREIRA NETO, 2001). É um dos elementos principais para a classificação climática de uma região, pois, sua variabilidade integrada a outros elementos do clima, ocasiona uma alteração no comportamento geral do clima local (PEREIRA et al., 2011). Além disso, tem sido um dos elementos meteorológicos que exerce grande influência sobre as condições ambientais e as atividades produtivas, afetando de forma direta ou indireta, tanto pela ocorrência de chuva, como por sua ausência (COAN et al., 2015).

Dourado Neto et al. (2005), ressaltam que o estudo temporal das distribuições pluviométricas é necessário para compreender os fenômenos meteorológicos, determinando seus padrões de ocorrência e permitindo uma previsibilidade razoável do comportamento climático de uma região, que é uma ferramenta de grande valor para o planejamento e gestão de inúmeras atividades agropecuárias e humanas.

O nordeste brasileiro apresenta condições hídricas desfavoráveis, devido a sua localização e fatores como evapotranspiração potencial alta durante todo ano, precipitação mal distribuída, sub-solo desfavoráveis em muitas regiões (água salobra ou formação cristalina) e baixo desenvolvimento socioeconômico (TUCCI et al., 2000). Sendo assim, a análise do comportamento da precipitação na região se revela ser de enorme importância, devido à grande irregularidade apresentada em escala de tempo e espaço, não somente sob o enfoque climático, como também, pelas consequências socioeconômicas que afetam diretamente a população da região, já que sobrevivem basicamente da agricultura e pecuária de subsistência (LUCENA et al., 2011).

O Cariri paraibano está localizado no nordeste do Brasil, essa região apresenta o menor índice pluviométrico de todo o estado da Paraíba, não ultrapassando 800 mm anuais (SENA et al., 2012) - uma região fisiográfica de condições climáticas de semiáridade, com fauna e flora pouco diversificada, devido a influência do clima, sendo este um fator limitante para o desenvolvimento da vida local. A irregularidade das chuvas ao longo dos anos tem levado a agricultura de subsistência (milho e feijão), aos limites de déficits hídricos, com isto, as lavouras não atingem nem a floração, fenômeno conhecido como seca verde (LIMEIRA, 2008).

Segundo Molion e Bernardo (2002) e Nascimento e Alves (2008), o Cariri Paraibano apresenta deficiência pluviométrica, por se localizar na vertente a sotavento do planalto da Borborema, mostrando a interferência que a distância do oceano e a morfologia do relevo, exercem na distribuição dos climas. É uma região marcada por superfície irregular, localizada numa área rebaixada pela ação das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba, cortada por relevos residuais, ora isolados, ora em alinhamentos (NASCIMENTO e ALVES, 2008).

Diante da irregularidade pluviométrica apresentada pela região, são necessários estudos para que, se possa acompanhar as características dos períodos de seca ou chuvosos, com informações anuais, sazonais ou mensais, podendo assim conhecer melhor a climatologia de uma região, e averiguar os impactos que o clima global causa sobre a distribuição pluviométrica para determinado local (ARAÚJO et al., 2008).

3.3 Eventos extremos

A atmosfera é dinâmica por sua própria natureza, seguindo um ritmo composto por eventos usuais, extremos, anômalos ou excepcionais (BARBOSA, 2007). Os eventos climáticos extremos podem ser compreendidos como episódios de inundações, tempestades, geadas, ondas de calor e até mesmo secas prolongadas (ARAÚJO, 2012).

De acordo com Robson e Chiew (2000), um evento é conhecido por extremo quando é considerado incomum ou raro. As mudanças nesses eventos de precipitação podem causar consequências devastadoras, tornando assim, indispensáveis o conhecimento e estudos sobre o assunto. Entretanto, Monteiro (1991) ressalta que os eventos extremos podem também desencadear impactos positivos, como por exemplo, o aumento da salinidade em ecossistemas causado por inundações periódicas, ou a despoluição da atmosfera de um determinado local em virtude de um impacto pluvial. Embora como Gonçalves (2003) afirma, a maior parte dos eventos trazem consequências negativas, pois, se desenvolvem de forma diferente do habitual e excedem a capacidade de absorção.

Conforme afirma Zanella (2006), eventos extremos de chuva (precipitação) são aqueles, cujos valores atingem 60 mm/24h ou mais, bem como a somatória de chuvas de três dias (72h) consecutivos que totalizem valores iguais ou superiores a 60 mm. Já Calvetti et al. (2009), define chuvas extremas a partir da categoria hidrológica, aquela para os quais valores superam 50 mm em 24h. Todavia, Barbosa (2007) diz que os eventos extremos de chuva são aqueles em que os totais num certo período - seja anual, sazonal, diário ou outro - apresentaram desvios de chuva superiores ou inferiores ao comportamento habitual da área no período analisado.

A Organização Mundial de Meteorologia - OMM (2011) ressalta que, os eventos extremos meteorológicos de forte intensidade é a principal causa de catástrofes naturais que atingem o homem, observados e registrados em escalas locais ou regionais. Esses eventos tem mobilizado em proporção global, a atenção de autoridades governamentais, dos meios de comunicação e das pessoas em geral. E uma das causas destas catástrofes esta na forma como as sociedades têm se organizado no espaço urbano, ou seja, construções em locais impróprios que, estendem-se sobre bacias inundáveis e sobem morros, aumentando fortemente a probabilidade de desastres relacionados aos fenômenos de tempo atmosférico (VICENTE, 2005). Eventos extremos, como secas ou enchentes severas alteram consideravelmente as características habituais de uma dada

região, como por exemplo, a física movimentando massas e redistribuindo algumas características da paisagem (FARIAS et al., 2012).

Vários autores como Garcia et al. (1982), Ramis et al. (1995) e Diniz (2013) estudando a ocorrência dos eventos extremos de precipitação diária, afirmam, que eles causam muitos transtornos e prejuízos, para diversos setores como: saúde, infraestrutura, defesa civil, agricultura, socioeconômico e de energia. Barbosa e Correia (2004) observaram que a alta concentração de umidade nos baixos níveis atmosféricos causam chuvas intensas, devido o movimento do vento que induz a formação das correntes ascendentes e descendentes, como também, a formação e manutenção de sistemas precipitantes, que são causadores de chuvas extremas na região do semiárido.

Segundo Salvador (2004), as chuvas extremas podem ser desencadeadas pela associação de sistemas atmosféricos, como foi o caso de janeiro de 2004, no Nordeste brasileiro, em que houve a ação concomitante de três sistemas de grande escala: frentes frias, que se deslocaram até o sul da Bahia, o deslocamento da zona de convergência intertropical (ZCIT) mais para o sul e a formação de um vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN) sobre o Atlântico.

Devido aos problemas relacionados à variabilidade quantitativa de uma região para outra – déficit ou excesso – na precipitação pluvial e a importância da mesma, se tem a necessidade de pesquisas que explorem e aprofundem o tema da variabilidade das modificações climáticas na precipitação. Embora muitos trabalhos abordem análises estatísticas descritivas, como média para estudar a climatologia de uma dada região, no que se refere aos eventos extremos, existem outros índices e técnicas estatísticas que possibilitam uma análise mais substancial destas informações, como podem ser observadas em Farias et al. (2012).

Várias aplicações de técnicas estatísticas são empregadas em diversas regiões do Brasil, com a finalidade de caracterizar períodos secos, normais e chuvosos. Como exemplo, podemos citar a técnica do box-plot, que permite identificar para os totais mensais de precipitação os valores máximos, os mínimos, a mediana, o primeiro quartil e o terceiro quartil. Alguns autores como Galvani e Luchiar (2005), Rodrigues (2012), Buffon e Binda (2013) utilizaram a técnica do *box-plot* como critérios para classificação de anos padrão secos, normais e chuvosos.

Outra técnica bastante utilizada, na classificação de anos padrão se chama a técnica dos quantis. Souza et al. (2011) utilizaram esta técnica com o intuito de verificar ocorrências de eventos chuvosos para o Estado do rio Grande do Sul, com base na série

de dados de 30 anos. Almeida et al. (2013) utilizaram para classificar os eventos extremos a partir das médias anuais de chuvas, para as microrregiões geográficas do Brejo e do Cariri Paraibano, nas cidades de Sumé e Taperoá.

3.4 A influência dos oceanos sobre a precipitação

A conexão dos oceanos refere-se a um padrão periódico e persistente de anomalias de uma determinada variável, que podem persistir por várias semanas ou meses, e algumas vezes, podem se tornar dominante por vários anos consecutivos (CAVALCANTI et al, 2009).

Molion (2005) diz que, os oceanos são a condição de contorno mais importante para o clima, mais especificamente, o Oceano Pacífico que tem um papel importante na variabilidade climática global, pois, ocupa cerca de 39% da superfície terrestre, sendo considerado um grande armazenador de calor. Diante disso, as configurações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical se caracterizam como a principal variável física influenciadora das condições da variabilidade climática no Nordeste do Brasil (PHILANDER, 1991) e a chave para o entendimento e variabilidade de mudanças (LUCENA et al., 2011).

3.5 Oceano Pacífico Tropical

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) além de ser um fator que gera influência na precipitação no Nordeste brasileiro, também se fundamenta como uma interação do sistema oceano-atmosfera no Pacífico Tropical, que é quantificado pela Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região equatorial central e do leste e pelo Índice de Oscilação Sul (IOS), que representa a diferença de Anomalia de Pressão ao Nível do Mar (APNM) entre o Pacífico central (Taiti) e o Pacífico oeste (Darwin/Austrália). Esse índice está relacionado com as mudanças na circulação atmosférica nos baixos níveis da atmosfera, consequência do aquecimento/resfriamento das águas superficiais na região, que por sua vez, apresenta duas fases: El Niño (com TSM+ e IOS-) e La Niña (TSM- e IOS+) (BERLATO; FONTANA, 2003), num sistema entendido como uma gangorra (balança) barométrica entre o Pacífico central-leste e oeste (COELHO, 2001).

Segundo Molion e Bernardo (2000), o ENOS é um evento climático natural que ocorre no Oceano Pacífico, um exemplo de perturbação climática de escala global, que

pode ser sentido principalmente pela modificação no regime de precipitação que, dependendo da intensidade do evento, pode resultar em secas severas, interferindo, de forma expressiva, nas atividades humanas.

As anomalias climáticas relacionadas ao fenômeno ENOS, podem ser desastrosas e causar grandes prejuízos socioeconômicos e ambientais, como se pode verificar em diversos trabalhos realizados em diversas regiões do globo (SILVA DIAS e MARENGO, 2002; IPCC, 2007).

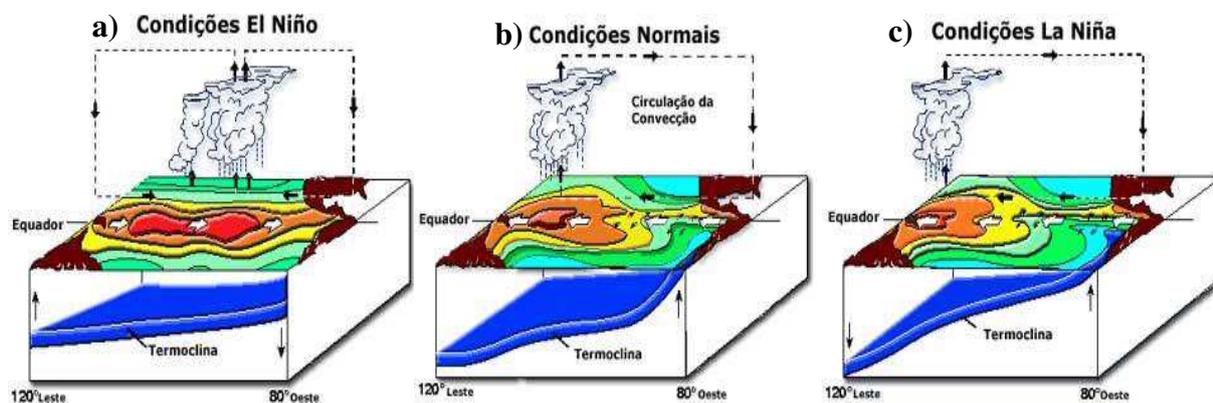
O El Niño e La Niña são fenômenos naturais que existem há anos e continuarão existindo como fenômenos cíclicos, no entanto, sem um período regular. Período seco nas regiões tropicais, e extremamente úmidos e quentes nos trópicos, onde se tem a fase negativa. O contrário acontece na fase positiva, ou seja, períodos úmidos nos trópicos e frios e secos fora deles (SOUSA, 2007).

Durante a ocorrência do fenômeno El Niño (Figura 1a) os ventos de leste-oeste enfraquecem nas regiões ocidental e central do Pacífico Tropical. Logo, a água mais quente do oeste é “empurrada” para o leste, deixando a água da costa oeste da América do Sul com temperaturas acima da média, e abaixo da média, a água da região da Indonésia e Norte/Nordeste da Austrália (ALENCAR, 2004). Com a presença do fenômeno El Niño, ocorre um aumento na Temperatura da Superfície do Mar na costa do Pacífico Tropical Oriental (Peru e Equador) e um decréscimo extremo na sua produtividade primária, prejudicando a atividade pesqueira comercial da região. Com isso, as chuvas seguem a água quente em direção ao leste, afetando assim, a circulação da atmosfera global, ocasionando mudanças no clima em regiões afastadas do Pacífico Tropical, causando enchentes no Peru e seca na Indonésia e Austrália (SOUSA, 2007).

O El Niño pode durar de 14 a 22 meses, podendo enfraquecer quando não há água quente de forma satisfatória, para sustentar o ciclo que, por sua vez, concorda com o ciclo sazonal da TSM no Pacífico Tropical Leste (BERLATO e FONTANA, 2003; MOLION, 2008 e COELHO, 2001). Quando o Oceano Pacífico encontra-se em condições normais, o vento sopra de leste a oeste (em direção à Ásia) forçando as águas quentes superficiais em direção ao Pacífico Ocidental (costa da Indonésia e Austrália), de tal modo que a superfície do mar fica mais elevada na Indonésia, meio metro acima do nível da costa oeste da América do Sul. Assim, na costa sul-americana a temperatura da água é cerca de 8°C mais fria, além de também ser rica em nutrientes para o ecossistema marinho (Figura 1b) (FUNCEME, 2006).

O fenômeno La Niña é o oposto do El Niño, pode ser chamado também de episódio frio do Oceano Pacífico, pois, se refere ao resfriamento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. As águas mais frias estendem-se por uma faixa estreita, com largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do equador, desde a costa Peruana, até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico Central (Figura 1c) (CPTEC, 2016). Este fenômeno está relacionado à intensidade dos ventos alísios e ao declínio da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Pacífico Equatorial Leste. Com o aumento dos ventos alísios, uma maior quantidade de águas irá ficar retida no Pacífico Equatorial Oeste e o desnível entre o Pacífico Ocidental e Oriental irá aumentar. Conseqüentemente, as águas mais quentes geram evaporação e movimentos ascendentes que, por sua vez, geram nuvens de chuva, e a célula de Walker, que em anos de La Niña fica mais alongada que o normal (Figura 1c). Quando este fenômeno acontece, a região com maior precipitação pluviométrica se localiza do nordeste do Oceano Índico ao oeste do Oceano Pacífico, passando pela Indonésia (SOUSA, 2007).

Figura 1 - Padrão de Circulação observada sobre o Oceano Pacífico Equatorial em anos de (a) El Niño; (b) Normais e (c) La Niña. Regiões com águas mais quentes representadas pelas cores avermelhadas e mais frias pelas cores azuladas.



Fonte: CPTEC (2008)

Os eventos de La Niña apresentam maior variabilidade e ocorrem com uma frequência menor do que os eventos El Niño. Segundo Climerh (2001), estudando uma série de dados climatológicos de 1900 a 1997, ocorreram 28 episódios de El Niño e 18 de La Niña, permanecendo 53% dos anos sem ocorrência dos fenômenos.

Segundo Moraes Neto (2003), os principais efeitos dos episódios La Niña observados sobre o Brasil são: passagens rápidas de frentes frias sobre a Região Sul, com tendência a diminuição da precipitação, temperaturas próximas da média climatológicas sobre a Região Sudeste, chegadas de frentes frias até a região Nordeste, tendência de chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia, além de possibilidade de chuvas acima da média sobre a região semiárida do Nordeste do Brasil.

Os autores Alves et al. (1998) afirmam que a maioria dos anos com ocorrência de El Niño, foi observado chuvas abaixo da média, no setor norte do Nordeste e Amazônia Oriental e nos anos de La Niña foram acima da média. Embora os vários episódios de seca que ocorrem no nordeste do Brasil, estejam relacionados aos anos de El Niño, a resposta intrarregional é diferenciada e depende basicamente da influência dos diferentes sistemas atmosféricos que, causam chuvas e aos seus períodos predominantemente mais chuvosos (ALVES e REPELLI, 1992).

3.6 Oceano Atlântico Tropical

O Oceano Atlântico Tropical tem papel fundamental na variabilidade do tempo e do clima, principalmente sobre o Brasil, onde a região do semiárido está entre as mais influenciadas pelas circulações atmosféricas e oceânicas do Atlântico Tropical. Ainda que, as anomalias da TSM sobre o oceano Atlântico sejam menores do que as do Pacífico Tropical, especialmente em comparação aos eventos El Niño ou La Niña, vários estudos têm mostrado que, as condições oceânicas e atmosféricas sobre a bacia do Atlântico, influenciam fortemente a variabilidade interanual do clima sobre as Américas HASTENRATH e HELLER (1977), MOURA e SHUKLA (1981), HASTENRATH, (1984), CHU (1984), HASTENRATH (1990), NOBRE e SHUKLA (1996), SERVAIN et al.(2000), LUCENA et al. (2011).

A Gradiente Meridional do Atlântico (GRADM) é uma variação anômala na temperatura da água do mar no Oceano Atlântico Tropical. Este fenômeno inibe ou aumenta a formação de nuvens, sobre o Nordeste do Brasil e alguns países da África, diminuindo ou aumentando a precipitação. Quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes, e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias, ocorrem movimentos descendentes anômalos sobre o Nordeste do Brasil e alguns países da África Ocidental, inibindo assim, a formação de nuvens e diminuindo a precipitação, podendo causar secas. Por outro lado, quando as águas do Atlântico

Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes, há movimentos ascendentes anômalos sobre o Nordeste do Brasil e países da África Ocidental, acelerando a formação de nuvens, e conseqüentemente aumentando a precipitação e provocando enchentes (SOUSA, 2007). Essa forte influência na precipitação sobre o NEB, advém principalmente pela sua localização, pois grande parte da água precipitada sobre a região é evaporada a partir dele. Dessa forma, os níveis de precipitação podem variar em função das condições da TSM dessa bacia (CAVALCANTI et al., 2009) .

Wainer (2010) estudando o impacto do oceano Atlântico na variabilidade climática do Brasil, afirma que a Temperatura da Superfície do Mar (TSM), desempenha influência principalmente, sobre a precipitação no nordeste brasileiro. Ainda sobre esse assunto, os autores Silva et al. (1999), estudaram as influências de cada oceano no regime de chuva do Estado da Paraíba e concluíram que, o Oceano Atlântico tem maior influência em relação o oceano Pacífico Tropical.

Nóbrega et al. (2000) afirmam que os fenômenos El Niño, La Niña e o Gradiente Meridional ou Inter-hemisfério da TSM sobre o Atlântico (GRADM) provocam alterações na circulação em grande escala, causando variações nos índices pluviométricos no Estado do Ceará, além do que, as anomalias de TSM do Pacífico equatorial afetam a pluviometria da região.

Xavier et al. (2003) e Santos e Brito (2007), mostraram que a precipitação sobre o NEB é bastante sensível a extremos de TSM no Oceano Pacífico Equatorial associado ao evento El Niño, Oscilação Sul (ENOS) (Ropelewski e Halpert, 1987), assim como, as anomalias da TSM do Atlântico Tropical associado ao Dipolo do Atlântico. Esses sistemas de interação oceano-atmosfera são os principais controladores na variabilidade interanual de chuvas sobre o NEB.

Diante do exposto, percebe-se que os oceanos realmente apresentam uma influência na precipitação sobre o NEB, principalmente no que se refere à duração das secas e enchentes, que é influenciada pela atuação, duração, intensidade e cobertura do ENOS e do Gradiente Meridional do Atlântico (GRADM). Segundo Sousa (2007), as variações interanuais na precipitação do Nordeste são motivadas pelos dois oceanos tropicais, Pacífico (ENOS) e Atlântico (GRADM) e não podem ser estudados isoladamente, mas, em conjunto.

3.7 Aspectos Econômicos

A possibilidade de desenvolvimento das atividades agropecuárias sustentáveis economicamente depende do clima e sua variabilidade (SILVA NETO, 2004). Portanto, as ocorrências dos eventos ENOS influenciam nas condições climáticas de regiões distintas, estando associado ao aumento de chuvas na região Sul e às secas prolongadas na região Nordeste (CUNHA, 1997).

A agricultura familiar da região semiárida do NEB tem sua sustentabilidade na exploração de culturas de subsistências (milho e feijão) e, principalmente na criação extensiva de caprinos e ovinos. De acordo com Santos (2006), os pequenos agricultores desta região convivem com uma situação bastante peculiar quanto às fontes de rendas, das quais dependem para sua sobrevivência, pois seus sistemas de produção são constituídos basicamente pela agricultura de subsistência e pela pecuária extensiva.

A agricultura desenvolvida na área é de subsistência e irregular devido à variabilidade da estação chuvosa da região semiárida. A maioria da produção é explorada em condições de sequeiro, sendo o feijão e o milho os cultivos de maior expressão econômica. Toda cultura plantada em sistema de sequeiro depende, inevitavelmente, da quantidade, da distribuição e da intensidade das chuvas. É altamente dependente das interações entre suas fases fenológicas e as variações interanuais do tempo e clima (SILVA et al., 2002). Geralmente, estas culturas são cultivadas em consórcio entre elas ou com forrageiras, como capim búffel e/ou palma forrageira, alcançando bons índices de produtividade, principalmente quando a estação chuvosa anual ocorre normalmente (SOUSA, 2006 e SILVA NETO, 2004).

A pecuária foi à base da colonização do semiárido paraibano, e apesar das adversidades continua sendo uma atividade de destaque na economia da região. Trata-se de uma pecuária extensiva, ou seja, com baixos índices de produtividade, onde se utiliza a vegetação nativa como o principal suporte forrageiro (SOUSA, 2006). Para Silva Neto (2004), na região em estudo o principal rebanho em termos quantitativos é o caprino, seguido do bovino, do ovino e o suíno. Uma das limitações encontrada nessa região refere-se principalmente a falta de manejo, a alimentação e profilaxia para os rebanhos. Com isso, os resultados são baixa produtividade, baixo lucro, insatisfatórios rendimentos de carcaça e peles de qualidade inferior, gerando limitados resultados econômicos e financeiros.

3.8 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento remoto surgiu no início dos anos de 1960, criado por Evelyn L. Pruitt e colaboradores, sendo uma das mais bem sucedidas tecnologias de coleta automática de dados, para o levantamento e monitoramento dos recursos terrestres em escala global. Atualmente é muito utilizado nas áreas de levantamento de recursos naturais, mapeamentos temáticos, monitoração ambiental, detecção de desastres naturais, desmatamentos florestais, previsões de safras, cadastramentos multifinalitários, cartografia de precisão, defesa e vigilância, entre outras (MENESES et al., 2012). Essa técnica se constitui em uma ferramenta poderosa, para o estudo e pesquisa de inúmeros problemas científicos, associados com os recursos naturais, o qual permite suprir o problema do mapeamento em intervalos curtos de tempo, solucionando a questão de atualização de mapas ambientais (VELOSO JUNIOR, 2003).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE apresentou a tecnologia do sensoriamento remoto de uso nacional, projetando o Brasil como a nação pioneira no hemisfério sul a dominar essa tecnologia. Pode-se dizer que essa tecnologia é a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto (alvo), área ou fenômeno, através de análise de dados obtidos por um equipamento que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigações (LILLESAND e KIEFER, 1994).

Jong e Meer (2006) definem o sensoriamento remoto como a utilização de instrumentos, técnicas e métodos, usados para observar, ou medir, a superfície da terra resultando em imagens. Em outras palavras, a utilização conjunta de sensores e equipamentos para processamento de dados, tais como: equipamentos de transmissão de dados, aeronaves e espaçonaves, com o intuito de estudar o ambiente terrestre, através do registro e da análise das interações entre radiação eletromagnética (REM) e as substâncias componentes do planeta terra (MOREIRA, 2004).

Essa radiação pode ser refletida ou emitida. Aos sistemas sensores (ou instrumentos principais do sensoriamento remoto) compete à captação desta radiação e conversão para uma forma que possibilite análises e interpretações. Estas informações são utilizadas para o estudo de grandes áreas, pois consentem uma visão resumida – permitindo analisar o conjunto da radiação eletromagnética (REM) transformada em imagem. Os sensores responsáveis por captar a energia eletromagnética podem ser definidos em dois tipos: imagiadores e não-imagiadores, já a fonte de radiação eletromagnética poder ser definidas em ativos – quando emitem alguma forma de

energia, como exemplo, os radares, e passivos – quando têm a capacidade só de captar a radiação eletromagnética (REM) (PINHEIRO, 2007).

A técnica do sensoriamento remoto permite a realização de diversas aplicações, entre elas o monitoramento temporal da vegetação, com a combinação de dados meteorológicos (COSTA; KUPLICH, 2011; TRENTIN, 2011; BISSO et al., 2009; JACÓBSEN et al., 2004; JACÓBSE et al., 2003) e de estimativa da biomassa da aérea da vegetação (WULDER et al., 2008; FONSECA et al., 2007; LU et al., 2005).

Os autores Pacheco et al. (2006) afirmam que, diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas dos alvos, como: solo, água e vegetação, têm a capacidade de absorver uma porção distinta – específica do espectro eletromagnético, destacando-o de forma individual. Esta característica da radiação eletromagnética é definida como a assinatura espectral. Assim, o entendimento do comportamento espectral da cobertura vegetal e dos solos é importante para uma aplicação do sensoriamento remoto (PINTO, 1991). Segundo Queiroz e Barros (1996), a vegetação, solo e água são elementos de grande interesse e compõem informações fundamentais e essenciais para análise e interpretação de dados de sensoriamento remoto.

Para fazer uso da característica peculiar da assinatura espectral da vegetação (alta absorção no visível e alta refletância no infravermelho próximo), diversos índices foram propostos na literatura. Estes índices são relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como fitomassa e índice de área foliar (SHIMABUKURO et al., 1998). Sobre isso Aronoff (2005) diz que, a tecnologia permite agilidade na obtenção de imagens da superfície terrestre. Além disso, permite coleta de informações em locais de difícil acesso.

A elevação na utilização dessa tecnologia ocorre principalmente devido as constantes mudanças, em resposta à evolução natural e as atividades humanas, dos recursos naturais e do meio ambiente. Portanto, para compreender o difícil inter-relacionamento dos fenômenos que motivam estas mudanças é fundamental, fazer observações com uma grande gama de escalas temporais e espaciais. A utilização de satélites para obter as observações da terra é a maneira mais positiva e econômica de coletar dados relevantes para monitorar e modelar estes fenômenos, principalmente em países de grande extensão territorial. Os satélites usados para estes propósitos são complexos, onerosos e de alta tecnologia (INPE, 2002).

Um das ferramentas mais significantes para o monitoramento das possíveis mudanças de cobertura e uso de solo é proveniente das imagens de satélites. Nas regiões

semiáridas, as condições climáticas, edáficas e de degradação da paisagem, exercem influência expressiva na resposta espectro-textural da cobertura vegetal e no uso do solo, quando analisados em dados sensoriados (MALDONADO, 2001).

Essa tecnologia tem se tornado ferramenta indispensável, para os estudos de degradação ambiental e análise da cobertura vegetal, pois, possibilita quantificar os impactos e a evolução da degradação e da vegetação em determinada região (FERREIRA, 2014).

3.9 Índice de Vegetação da Diferencia Normalizada (IVDN)

O Índice de Vegetação da Diferencia Normalizada (IVDN) é um indicador utilizado para destacar a vegetação ocorrente em determinada área, no qual este é obtido através da razão entre as bandas de alta correlação entre si, servindo desta forma, para realçar os alvos de interesse, neste caso, a cobertura vegetal (FREIRE e PACHECO, 2005). De acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2010), diversos índices de vegetação foram propostos com o intuito de explorar as propriedades espectrais da vegetação.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, IVDN, (UNITED NATIONS, 2001; MOREIRA, 2004; MENEZES e MADEIRA NETTO, 2001) é um dos quatros indicadores recomendados pela Organização das Nações Unidas (ONU) para avaliar o problema de desertificação é o índice de vegetação derivado de imagens de satélites. Feitosa et al (2004), afirmam que o índice de vegetação gerados de imagens de satélites se constitui em ferramenta importante, para o monitoramento das alterações naturais ou produzidas pelo homem, nos ecossistemas.

Os índices de vegetação ressaltam o comportamento espectral da vegetação, possibilitando distinguir diferentes tipos de uso e de outros alvos da superfície terrestre (MOREIRA, 2004). Câmara (1996) reporta que a vantagem do IVDN é que, além de aumentar o contraste espectral entre a vegetação e o solo, tem os efeitos de iluminação, declividade da superfície e geometria de "visada", parcialmente compensados pelo índice. Daughtry et al. (2000) ressaltam que o índices de vegetação só é possível devido ao comportamento espectral, característico da vegetação verde, apresentando baixa refletância nos comprimentos de onda do visível, e alta refletância nos comprimentos de onda do infravermelho próximo, melhorando a relação desses dados com os parâmetros físicos da vegetação. Este índice reduz os efeitos da diferença da iluminação, sombra, atenuação atmosférica e variação topográfica (HUETE et al., 2002).

Francisco (2013) diz que, embora existam diversificados índices de vegetação, atualmente o mais usado é o IVDN. Em sua pesquisa, realizada na bacia hidrográfica do rio Taperoá-PB, utilizando imagem do satélite LANDSAT/TM-5, as bandas utilizadas para a confecção do IVDN foram, respectivamente, a banda 4 (infravermelho - próximo) e a banda 3 (vermelho – visível).

De acordo com Araújo et al. (2010), o IVDN também pode ser utilizado para auxiliar estudos que tratem da temática da desertificação, visto que, a partir das imagens geradas, é possível observar áreas que apresentam níveis baixos ou ausentes de IVDN, característica de áreas que estejam sob processo de desertificação. Diversos trabalhos utilizando o IVDN apresentam resultados significativos, na detecção de mudanças na cobertura vegetal, como desmatamento e queimadas (VICENS et al., 1998, MATOS e SILVA, 2005, GONÇALVES et al., 2006).

Sousa et al. (2007) analisaram a cobertura vegetal do município de São João do Cariri para o período de 1987 a 2004, onde os resultados mostraram que houve um aumento das classes de cobertura vegetal. As classes de cobertura densa a semidensa, e semidensa a semi-rala, foram reduzidas as classes mais comprometidas, semi-rala a rala e rala+solo exposto, tiveram um acréscimo ao longo do período estudado.

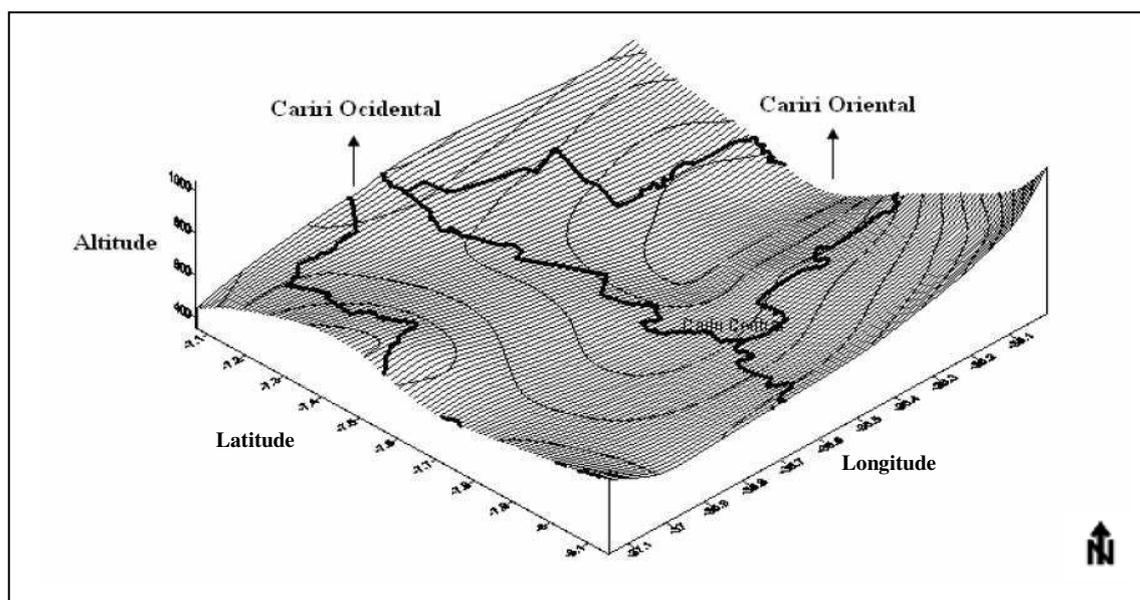
Lima (2010) empregou a técnica de segmentação por crescimento de regiões, da imagem IVDN, e de classificação supervisionada por regiões, através do classificador Bhattacharya, para delimitar e quantificar as áreas com maior grau de degradação da cobertura vegetal, além de estimar a taxa das atividades antrópicas sobre a vegetação nativa, para o município de Juazeirinho.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização e descrição da área de estudo

A região do Cariri paraibano possui altitude superior a 300 m, prevalecendo à feição de pediplano de superfície irregular, localiza-se numa área rebaixada pela ação das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba, cortado por relevos residuais, ora isolados ora em alinhamentos (NASCIMENTO e ALVES, 2008). É uma microrregião do Estado da Paraíba, localizada na franja ocidental do planalto da Borborema, composta por 29 municípios, subdivididos em duas regiões ecoclimáticas: Cariri Ocidental e Cariri Oriental (Figura 2). O Cariri Ocidental apresenta um clima do tipo semiárido atenuado enquanto que o Cariri Oriental seria do tipo árido acentuado (NASCIMENTO, 2010).

Figura 2 - Planialtimetria do Cariri (Cota 100 m). Orientação dos relevos e distribuição das altitudes do Cariri paraibano.



Fonte: Nascimento e Alves, 2008.

Segundo Nascimento (2010), a continentalidade e o relevo influenciam na distribuição dos climas, sobretudo nos gradientes de pluviometria. A orientação das cristas e maciços serranos, a distribuição das altitudes, a exposição das grandes vertentes e até mesmo os basculamentos dos grandes blocos de relevo, induzem a

variações mesoclimáticas e a uma nítida divisão da região em Cariri Ocidental e Cariri Oriental. Essa subdivisão mencionada acima está baseada nas diferenças intrarregionais no que diz respeito às especificidades físicas e econômicas (SOUZA, 2008).

Toda a região do Cariri paraibano é conhecida por apresentar baixo índice de precipitação pluviométrica, pois está localizada no fim do percurso dos fluxos úmidos que se direcionam para o semiárido nordestino e em situação de sotavento, fazendo assim, parte da diagonal mais seca do Brasil (SOUZA et al., 2008).

Diante da subdivisão foi escolhido um município que representasse cada sub-região: Sumé (Cariri Ocidental) e São João do Cariri (Cariri Oriental) com o objetivo de investigar e analisar o comportamento da pluviometria em cada região. A dificuldade e a falta de informações necessárias foram fatores determinantes para escolha de apenas dois municípios, dentre os 29 que compõe a região.

Observa-se na Tabela 1 o comportamento da precipitação anual para os dois municípios, Sumé e São João do Cariri. No Cariri, embora as precipitações pluviais mensais não sejam elevadas, a época do ano mais chuvosa concentra-se nos seis primeiros meses, já o período menos chuvoso de setembro a novembro.

Tabela 1 - Distribuição mensal da pluviometria para o Cariri Ocidental e Oriental.

CARIRI OCIDENTAL		CARIRI ORIENTAL	
MÉDIA DA PLUVIOMETRIA (mm)			
SUMÉ		SÃO JOÃO DO CARIRI	
Janeiro	84,14	Janeiro	60,93
Fevereiro	66,90	Fevereiro	68,78
Março	104,89	Março	81,65
Abril	86,31	Abril	78,80
Mai	62,85	Mai	75,35
Junho	49,31	Junho	49,27
Julho	24,75	Julho	35,65
Agosto	12,85	Agosto	23,41
Setembro	5,43	Setembro	5,58
Outubro	5,89	Outubro	11,72
Novembro	6,71	Novembro	13,00
Dezembro	25,96	Dezembro	14,57
TOTAL	536	TOTAL	520

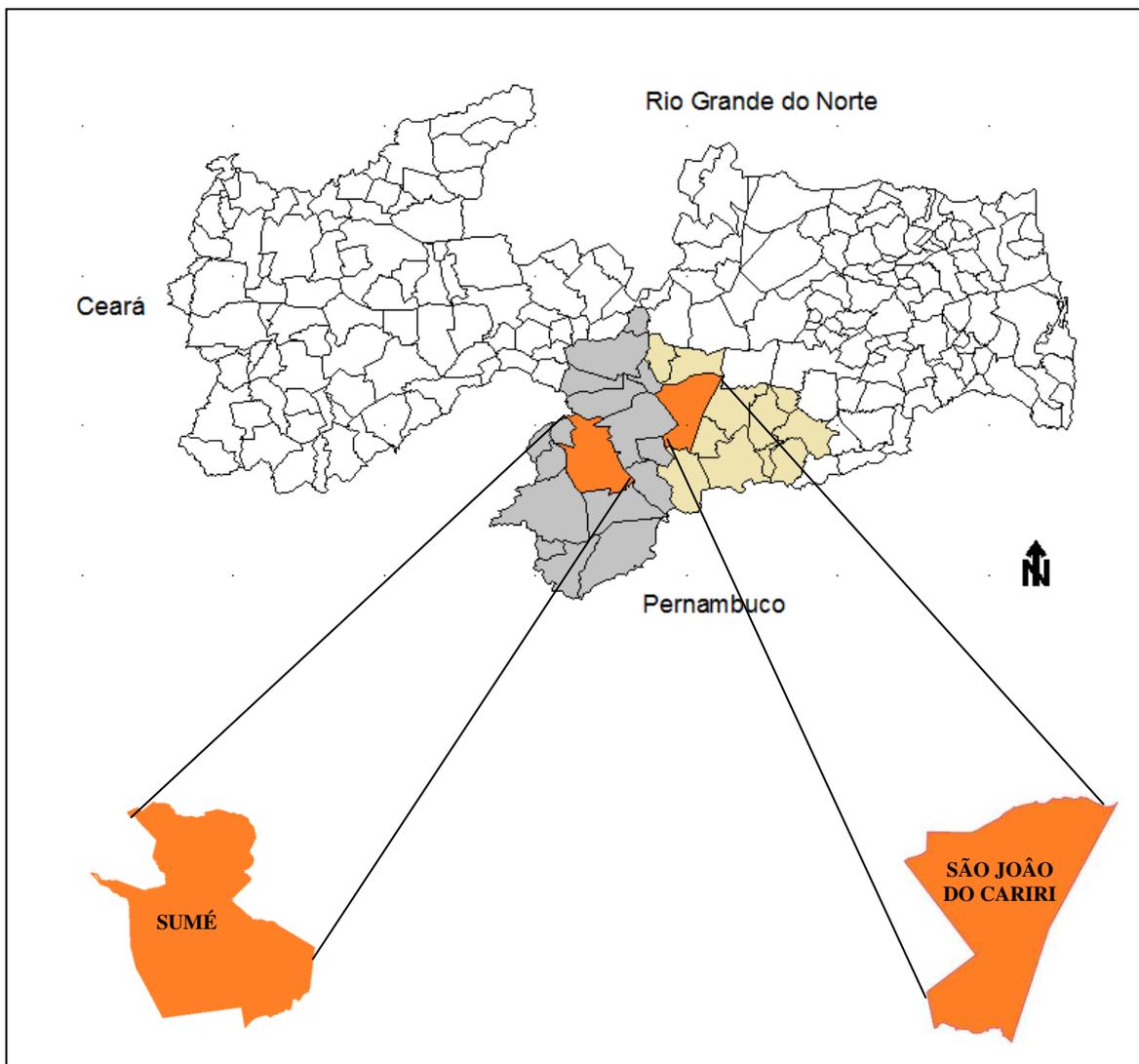
Fonte: AESA, 2016.

A região do Cariri Ocidental apresenta-se numa escala global, de forma privilegiada em relação ao Cariri Oriental, com regime de precipitação pluvial um pouco maior. Nota-se que os maiores volumes de precipitação ocorrem no trimestre chuvoso da região, que conforme Nascimento (2010) e Sena et al. (2012), concentra-se nos meses de fevereiro a abril, sendo que a passagem da estação chuvosa para a estação seca ocorre de maneira brusca e vice-versa (Tabela 1), além disso, o regime interanual apresenta uma variabilidade temporal dispersa.

O município de Sumé (Figura 3) tem uma área territorial de 838,07 Km², o município conta com uma população de 16.060 habitantes e uma densidade demográfica de 19,16 habitantes/Km², localizado no Cariri Ocidental (com 17 municípios) registra médias pluviométricas de 500 a 600 mm/ano (IBGE, 2010 e SOUZA, 2008). Segundo Moraes Neto (2003), é uma das áreas que há mais de 10 anos vem sofrendo com a falta de planejamento adequado do uso das águas pelo poder público e a baixa pluviosidade, causando assim, o colapso total do açude de Sumé, o fechamento do perímetro irrigado e o abandono das terras, devido o processo de degradação tanto física como química (salinização). A agricultura que era desenvolvida na região baixou o nível de seus rendimentos, deixando, ao longo desses anos, saldos irrelevantes. Hoje Sumé é abastecida pela adutora do Congo, inaugurada no ano de 2006 com finalidade de solucionar o problema de abastecimento d'água de Sumé e de outros municípios circunvizinhos (RAFAEL, 2003).

O município de São João do Cariri (Figura 3), que compõe a microrregião geográfica do Cariri Oriental foi emancipado politicamente em 15 de novembro de 1831, com uma área total de 653,09 Km², sendo ocupada por 4.344 habitantes e uma densidade demográfica de 6,65 habitantes/Km², segundo o último censo IBGE (2010). Souza (2008) verifica que, a região apresenta médias pluviométricas que variam de 400 a 500 mm/ano. O município apresenta uma rede de drenagem de natureza intermitente, embora tenha vários cursos d'água, que por sua vez, só apresenta fluxo com as chuvas intensas. O Rio Taperoá além de ser o principal rio do município, é também o maior e mais importante dos efluentes do Rio Paraíba (MORAIS et al., 2014). O município conta ainda com um açude de porte médio (Açude dos Namorados) com capacidade de 2.118.980 m³, hoje com volume atual de 17.124 m³ (AESAs, 2016).

Figura 3 - Mapa da Divisão Política do Estado da Paraíba, localização das áreas de estudo no Estado da Paraíba.



Fonte: Adaptado do IBGE (2016).

4.2 Caracterização geoambiental da área de estudo

4.2.1 Clima

O clima da região é caracterizado pela irregularidade de seu regime pluviométrico, tendo em vista que, depende das massas de ar que vêm do litoral (massa equatorial atlântica) e do oeste (massa equatorial continental). As chuvas na região concentram-se nos meses de fevereiro, março, abril e maio, período em que ocorrem os maiores índices pluviométricos. Ela apresenta também, uma evaporação bastante variável, tendo uma insolação anual de 2.800 horas. A temperatura média anual em

torno de 24,5 °C (SOUSA, 2007), com umidade relativa do ar em cerca de 50% e as taxas médias de evaporação, em torno de 2.000 mm/ano (NASCIMENTO, 2010).

Conforme a classificação de Gaussen, o clima predominante no Cariri é do tipo 2b – subdesértico quente de tendência tropical, cujo índice xerotérmico (nº de dias secos) varia de 200 a 300, com um período seco variando de 9 a 11 meses (BRASIL, 1972). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Bsh (semiárido quente), o qual apresenta uma precipitação pluviométrica anual muito baixa, em torno de 400 mm, com uma estação seca que pode atingir até 11 meses (FRANCISCO, 2010, SOUSA, 2007).

4.2.2 Vegetação

A Caatinga hiperxerófila, que na língua dos índios Tupi, significa mata branca, predomina na região de estudo. Esta vegetação possui porte pouco elevado, em geral destacam-se os arbustos – Caatinga arbustiva, no entanto, em alguns trechos pode-se encontrar a Caatinga arbórea, apresentando em alguns trechos de serras, uma densidade alta, porém, na maior parte das áreas a vegetação já foi devastada pelo homem (MARACAJÁ, 2007).

Esse tipo de vegetação apresenta alta resistência à seca, devido a diferentes mecanismos, como sua anatomia e fisiologia. Uma das características marcantes da vegetação do semiárido é que na estação seca, a grande maioria das espécies perde as folhas, paralisa o crescimento e fica aparentemente “morta” (MENDES, 1997; PEREIRA, 2005).

4.2.3.Solo

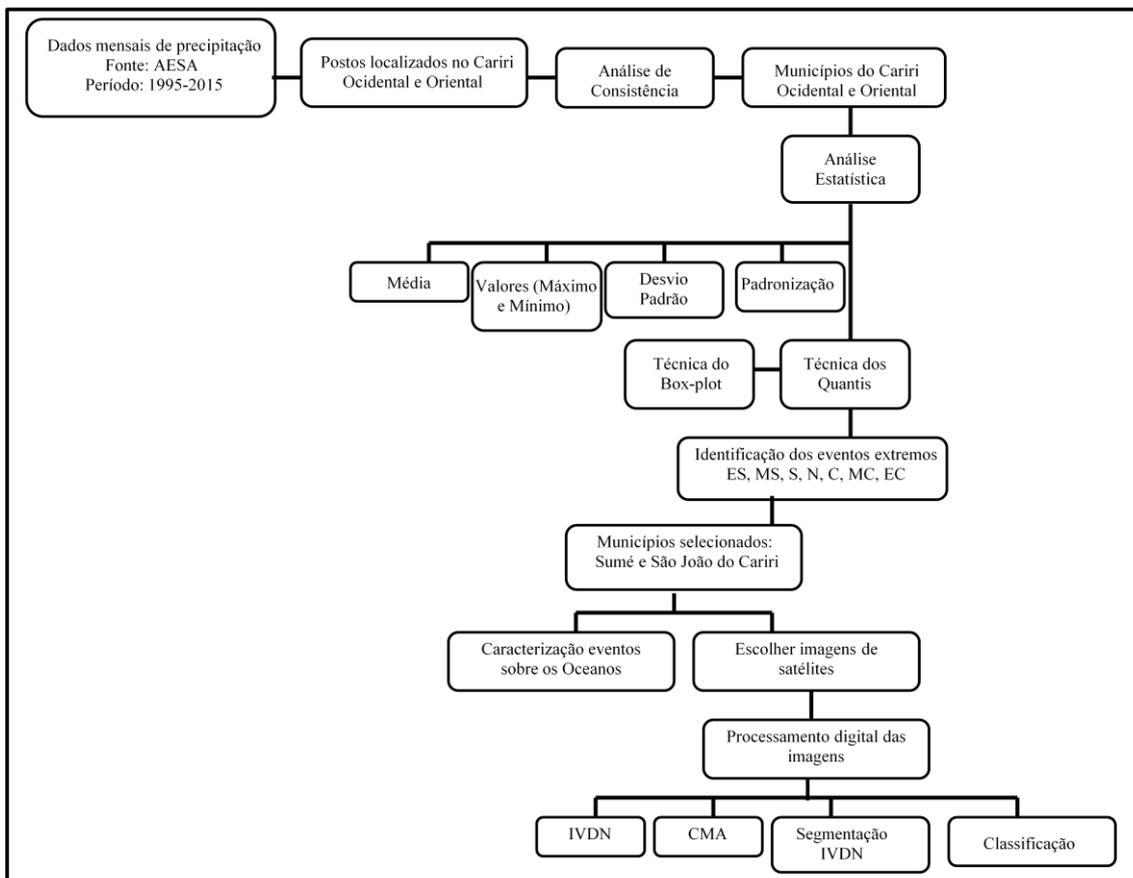
Os solos da região em geral, são rasos e pedregosos. De acordo com Paraíba (2004), o município de Sumé apresenta preponderantemente os solos: Luvisolos, Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Flúvicos e Afloramentos Rochosos. No município de São João do Cariri, o solo que predomina é o Luvisolo Crômico Órtico vértico – Tco: solos rasos, de textura média a argilosa. Eles são resultantes de vários tipos de rochas, apresentam frequentemente erosão laminar severa ou moderada, são bem drenados, que geralmente variam de moderadamente ácida a praticamente neutra.

Os solos do Cariri paraibano são classificados como possuidores de grande potencial hidroagrícola, embora devido sua tendência à salinização e à sodificação, necessitem de um manejo adequado e eficiente. Apresentam também pedregosidade superficial, mas às vezes é encontrado no interior do corpo do solo, dificultando assim a mecanização (SOUZA, 2008). Em relação à topografia, a região do Cariri Oriental apresenta uma variação de suave ondulado a ondulado, com uma economia predominantemente pastoril, onde se destaca a criação de caprinos. No Cariri Ocidental, o relevo apresenta uma declividade mais acentuada e uma economia mais dinâmica, tanto na pecuária como na agricultura (SOUZA, 2008).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma apresentado na Figura 4 mostra os passos metodológicos utilizados para a realização deste trabalho, que serão descritos sequencialmente, nos itens a seguir.

Figura 4 – Fluxograma simplificado das etapas de trabalho.



5.1 Dados

Foram analisados os dados de precipitação pluvial em diferentes escalas (anual e interanual), para a região do Cariri Ocidental e Oriental. A área em estudo, não possui uma distribuição homogênea de estações com dados suficientes e de qualidade para a variável precipitação, necessários para os objetivos propostos neste trabalho. Por isso, foi realizada inicialmente a seleção das estações que, apresentavam informações no banco de dados, fornecidas e disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Após a análise, foram utilizados os postos pluviométricos (Tabela 2).

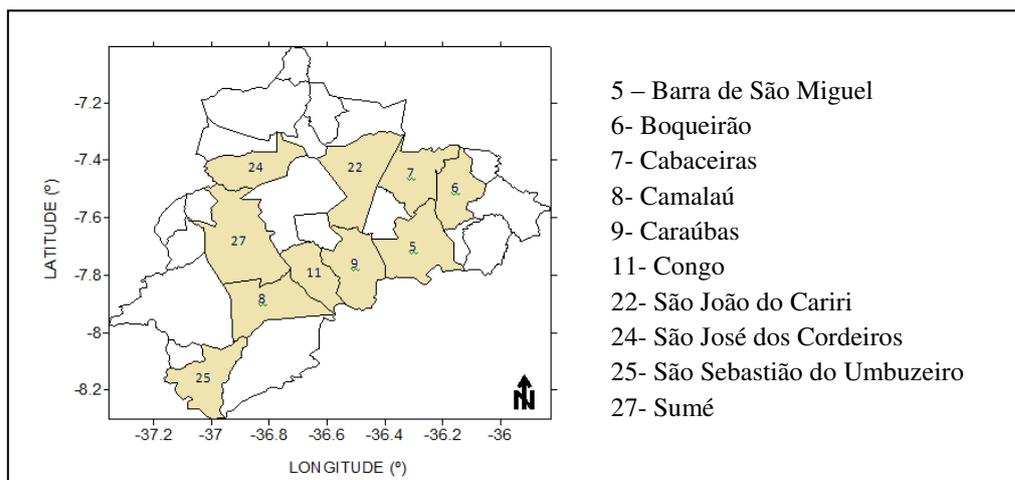
Tabela 2 – Estações utilizadas na região do Cariri Ocidental e Oriental.

CARIRI OCIDENTAL	CARIRI ORIENTAL
Sumé	São João do Cariri
Camalaú	Caraúbas
São Sebastião do Umbuzeiro	Cabaceiras
Congo	Barra de São Miguel
São José dos Cordeiros	Boqueirão

Fonte: A Autora, 2016.

A Figura 5 mostra a distribuição espacial dos postos pluviométricos utilizados no trabalho, compreendendo o período de 1995 a 2015 (21 anos de dados). Em função da quantidade de falhas nos registros para outras localidades, foram escolhidos apenas cinco municípios no Cariri Ocidental, e cinco no Cariri Oriental. É perceptível também que eles estão bem distribuídos em toda região do Cariri paraibano.

Figura 5 – Localização das estações pluviiais no Cariri Ocidental e Oriental.



Fonte: A autora, 2016.

Para realizar as análises da influência dos oceanos sobre a precipitação na região em estudo, foram utilizados dados de anomalias mensais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre o Pacífico e Atlântico, obtidos no site de *Climate Prediction Center / National Oceanic and Atmospheric Administration (CPC/NOAA)*. Informações sobre as culturas desenvolvidas na região e a produção agrícola anual, foram obtidas no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através do link: banco de dados Séries Estatísticas & Séries Históricas. Na agricultura, foi analisada a quantidade de área plantada e colhida para as culturas de feijão e milho, para

os anos de eventos extremos, na pecuária comparou-se a quantidade de cabeças de bovinos, caprinos, ovinos e suínos, entre os anos selecionados, para analisar a influência dos eventos El Niño – Oscilação Sul (ENOS).

Para a análise e interpretação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), foram utilizadas imagens das bandas espectrias 5, 4, 3 e 1 (R, G e B) do satélite LANDSAT-TM/5, obtidas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de forma gratuita de datas pré-estabelecidas, da órbita 215, ponto 65 (Tabela 3). Em relação ao processamento das imagens, foi utilizado o *software SPRING 5.4.2*.

Tabela 3 - Dados das imagens Landsat-5.

IMAGENS	ÓRBITA/PONTO	RESOLUÇÃO ESPACIAL	DATA DA PASSAGEM
Landsat - 5	215/65	30m	14/10/1998
Landsat - 5	215/65	30m	17/10/1999
Landsat - 5	215/65	30m	23/09/2008
Landsat - 5	215/65	30m	13/01/2009

Fonte: INPE, 2016.

5.2 Metodologia

5.2.1 Precipitação

Com base nos dados pluviométricos, foram realizadas várias análises estatísticas aplicando diversos métodos, tais como: média, máxima, mínima, desvio padrão e padronização. Estes métodos foram efetuados a partir da planilha de cálculo do *Excel*. Após os cálculos, os resultados obtidos foram plotados em mapas espaciais, onde foi utilizado o *Software SURFER* com o método de interpolação *Kringing*, pois ele oferece uma rápida e melhor visualização do comportamento espacial da variável em estudo (SOUSA, 2006).

A partir dos dados mensais de precipitação, realizou-se a normalização ou padronização dos dados, uma anomalia indispensável para os casos em que diferentes variáveis serão submetidas a análises estatísticas. Ela é muito utilizada na literatura em climatologia e áreas afins, pois tem a finalidade de corrigir correlações falsas, na qual consiste na substituição dos dados numéricos originais por suas anomalias (XAVIER e XAVIER, 2010).

A anomalia padronizada, z , é calculada subtraindo a média da amostra dos dados brutos x , e dividindo pelo desvio padrão da amostra correspondente (WILKS, 2006):

$$z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad (1)$$

As unidades físicas dos dados originais são canceladas, assim as anomalias padronizadas são sempre em quantidades adimensionais. Dessa forma, elas irão apresentar uma média zero e um desvio padrão de 1.

5.2.2 Seleção dos Eventos sobre os Oceanos

Para a seleção dos eventos sobre os oceanos Pacífico e Atlântico, foi utilizada a região do Niño 3.4, por ser um dos índices mais difundidos operacionalmente para fins de monitoramento, previsão dos eventos ENOS e suas teleconexões (TRENBERTH, 1997). Da mesma forma, segundo Hanley et al. (2003), os índices de Oscilação do Sul, Niño 3.4 e Niño 4 são igualmente sensíveis aos eventos de ENOS e melhores para caracteriza-los do que outros.

A fim de realizar o diagnóstico e avaliação da precipitação associadas às variações dos oceanos Pacífico (El Niño – EN e La Niña – LN) e Atlântico (Gradiente Meridional – GRADM positivo e negativo), foi feita inicialmente a seleção desses eventos, tendo como base a relação disponibilizada do CPC¹, para os eventos sobre o Pacífico, que foram classificados nas categorias Leve (L), Moderado (M) e Forte (F). Na Tabela 4 (a), apresenta-se a relação dos anos de ocorrência do evento El Niño (08 eventos) e La Niña (09 eventos) e suas respectivas intensidades.

Os anos com gradiente meridional ou inter-hemisférico da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), sobre o Atlântico (GRADM) positivo ou negativo, foram escolhidos com base no cálculo do índice proposto por Servain (1991), que consiste na diferença entre as médias da TSM na área delimitada, na bacia norte do atlântico (60°W-20°W, 5°N-28°N), menos a área da bacia sul (35°W-5°E, 20°S-5°N). Foram considerados anos de ocorrência do GRADM positivo, aqueles em que o índice apresentou valor acima de 0,5°C e negativo, os valores abaixo de -0,5°C, durante pelo menos dois meses consecutivos, entre janeiro e junho (LUCENA, 2008).

¹ *Climate Prediction Center*. Disponível em <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>>

Na Tabela 4 (b), tem-se a relação dos anos correspondentes à seleção dos 07 episódios com GRADM positivo e 04 com GRADM negativo sobre o Oceano Atlântico.

Tabela 4 - Eventos Extremos sobre os Oceanos.: (a) Pacífico: Anos de El Niño e La Niña com sua devida intensidade. (b) Atlântico: Anos de GRADM + e GRADM -.

(a)		(b)	
EL NIÑO	LA NIÑA	GRADM +	GRADM -
94/95 (M)	95/96 (M)	97	08
97/98 (F)	98/99 (F)	02	09
02/03 (M)	99/00 (F)	04	-
04/05 (L)	00/01(M)	05	-
06/07 (M)	05/06 (L)	10	-
09/10 (F)	07/08 (F)	12	-
-	08/09 (L)	13	-
-	10/11 (F)	-	14
-	11/12 (M)	-	15
14/15 (L)	-	07 eventos	04 eventos
15/16 (F)	-		
08 eventos	09 eventos		

As letras em parênteses na tabela (a) referem-se à intensidade do evento em que, F – forte, M – moderado e L – leve.

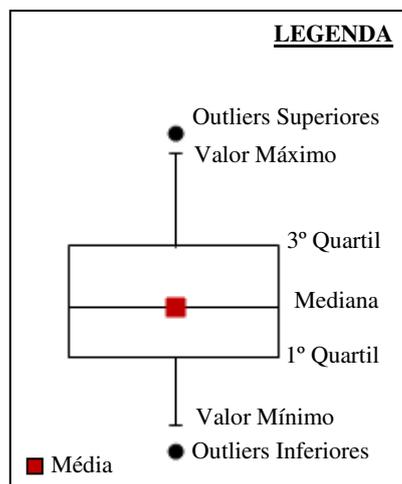
Fonte: CPC/NOAA, 2016.

5.2.3 Técnica do *box plot*

O método utilizado é uma ferramenta gráfica de análise exploratória que, possibilita resumir uma série temporal de observações de uma variável contínua. O *box-plot* (gráfico de caixa) pode ser usado para descrever as características mais relevantes de conjuntos de dados, como por exemplo, a dispersão, extensão e a natureza de qualquer desvio em relação à simetria e a identificação de *outliers* (TRIOLA, 2005). A técnica é relativamente nova em estudos climatológicos, mas permite entender os conceitos básicos para se trabalhar com análise de dados. Alguns autores, como Galvani e Luchiari (2005) a aplicaram na classificação de regimes pluviométricos em escala

mensal. Para sua construção, é necessário calcular 1º e 3º quartis que, representam respectivamente, aos valores referentes a 25% e 75% da amostra, e a mediana, corresponde a 50% da amostra (Figura 6).

Figura 6 - Esquema de interpretação do gráfico tipo *box-plot*.



Fonte: Adaptado de TRIOLA (2005).

A construção do *box-plot* é feita mediante a colocação dos valores máximos e mínimos ligados por uma caixa construída de valores referentes aos quartis (1º, 3º e mediana). O valor máximo (V.máx) se destaca em virtude do seu alto valor de magnitude, e o valor mínimo (V.mín) é o menor valor encontrado na série. A mediana é a posição central dos dados (podem estar distribuídos de forma crescente ou decrescente), está localizada no centro, e é definida do seguinte modo: quando os elementos da amostra são ordenados, a mediana é o valor, que divide ao meio, isto é, 50% dos elementos da amostra são menores ou iguais à mediana, e os outros 50% são maiores ou iguais à mediana (RAIMUNDO et al., 2010). Destaca-se que os *outliers* ou pontos discrepantes, valores que se distanciam de quase todos os outros pontos da distribuição (Figura 6) (TRIOLA, 2005).

Por último, o *box-plot* que, também pode ser utilizado na análise de valores extremos de precipitação, funcionando como ferramenta diagnóstica para monitorar a variabilidade mensal, sazonal e anual da chuva observada, em uma determinada localidade. Galvani e Luchiari (2005), Ramos et al. (2012), Galvani et al. (2012), Schneider e Silva (2014), utilizaram essa técnica para identificar anos padrão, ou seja, anos habituais (normais), secos, úmidos (chuvosos) e com precipitação extrema.

Conforme Sarewitz e Pielke (2001) os eventos extremos de chuva podem ser definidos como um fenômeno raro, que se distancia da média, variando em intensidade e magnitude. Sendo assim, a importância de estudos desses eventos se dá principalmente pela severidade e aos efeitos das vulnerabilidades, possibilitando assim, o planejamento de ações de defesa civil e dos recursos hídricos, e consequentemente evitar danos de ordem socioeconômica (DINIZ, 2013).

5.2.4 Técnica dos Quantis

O trabalho de Pinkayan (1966) foi o primeiro a utilizar a técnica dos quantis junto à *Colorado State University* em Fort Collins – Colorado, o qual destinava avaliar a ocorrência de anos secos e chuvosos sobre extensas áreas continentais, em especial os Estados Unidos. A vantagem em se utilizar a técnica dos quantis, consiste em ser imune a eventual discrepância da função densidade de probabilidade, descrevendo o fenômeno aleatório, que em nosso caso é a chuva. Essa técnica foi utilizada para seleção dos eventos extremos para o período em estudo.

A técnica dos quantis baseia-se na distribuição da frequência acumulada, ou seja, quanto maior o número de observações disponíveis, melhor a aproximação da função densidade de probabilidade que descreve o fenômeno (PINKAYAN, 1966; XAVIER et al., 2002; XAVIER et al., 2007). Os quantis possibilitam estabelecer ou delimitar faixas com regimes de chuvas diferenciados, tais como: extremamente seco (ES), muito seco (MS), seco (S), normal (N), chuvoso (C), muito chuvoso (MC) e extremamente chuvoso (EC).

Os intervalos percentuais de cada quantil consistem das probabilidades ou frequência esperadas para cada um dos eventos, que podem vir a ocorrer na sequência ou série temporal, supondo que são mantidas as características para a precipitação. Estes quantis empíricos (obtidos através de frequências observadas e modeladas) são estimativas dos quantis teóricos, que permanecem desconhecidos, mas supõe-se ser representado para a descrição do fenômeno (XAVIAR et al., 2002). Para a realização deste estudo, os quantis utilizados referem-se às probabilidades de 0,05; 0,15; 0,35; 0,65; 0,85; 0,95. Dessa forma, serão determinados e classificados limites de intensidade para a chuva anual no Cariri Paraibano, relacionada às ordens quantílicas (Tabela 5). A técnica também foi aplicada individualmente para os dois municípios escolhidos, Sumé

e São João do Cariri, no período de 1995 a 2015, representando a região do Cariri Ocidental e Oriental, respectivamente.

Tabela 5 - Classificação das categorias e probabilidades da precipitação anual relacionada às ordens quantílicas para a região do Cariri Paraibano.

Categorias	Probabilidade
Extremamente Seco (ES)	$p(x) < Q_{0,05}$
Muito Seco (MS)	$Q_{0,05} \leq p(x) < Q_{0,15}$
Seco (S)	$Q_{0,15} \leq p(x) < Q_{0,35}$
Normal (N)	$Q_{0,35} \leq p(x) < Q_{0,65}$
Chuvoso (C)	$Q_{0,65} \leq p(x) < Q_{0,85}$
Muito Chuvoso (MC)	$Q_{0,85} \leq p(x) < Q_{0,95}$
Extremamente Chuvoso (EC)	$p \geq Q_{0,95}$

Fonte: Adaptada de Almeida et al. (2013).

O Q significa o limite do quantil adotado para a realização dos cálculos deste trabalho.

Para calcular os quantis de qualquer série de dados de chuva é necessário:

- 1- Dispor das observações x_1, x_2, \dots, x_n (N é o número de observações, no nosso caso, anos).
- 2- Ordenar os dados: $y_1 < y_2 < \dots < y_j < \dots < y_N$
- 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,

$$P_j = \frac{j}{(N+1)} \quad (2)$$

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 de (1) tem-se,

$$Q_p = Q_{p_j} = y_j \quad (3)$$

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

$$Q_p = y_j + \left\{ \frac{[p - p_j]}{[p_{j+1} - p_j]} \right\} * [y_{j+1} - y_j] \quad (4)$$

Os casos a e b podem ser englobados na mesma fórmula (4), supondo $p_j \leq p < p_{j+1}$; obviamente, quando $p = p_j$ a fórmula (4) reduz-se a $Q_p = y_j$. Logo, (4) é a fórmula geral para os cálculos dos quantis.

5.2.5 Processamento digital das imagens

Neste trabalho o processamento digital das imagens tem como finalidade promover uma análise comparativa, qualitativa e quantitativa da cobertura vegetal entre os anos secos e chuvosos. Inicialmente, as imagens foram selecionadas com base nos períodos característicos de disponibilidade e ausência de umidade, por permitir a separação das áreas ocupadas com cobertura daquelas, onde a cobertura não se faz presente, além do que, possibilitam o contraste entre os tipos variados de vegetação-solos, bem como a diferenciação de corpos d'água e identificar as possíveis alterações na cobertura da vegetação. A análise foi feita para os dois municípios, para os anos de 1998, 1999, 2008 e 2009. Para isso, foram utilizadas as imagens das bandas 5, 4, 3 e 1.

Foi criada uma base de dados no *Spring* 5.4.2, com projeção geográfica SAD/69, em seguida, foi importado um arquivo no formato DXF da drenagem obtida na AESA (2011), com o objetivo de auxiliar no georreferenciamento. As bandas 3, 4 e 5 foram salvas no formato GRID e importadas à base de dados, após realizada sua correção geométrica, utilizando o método polinomial de primeira ordem, tomando como base digital, as coordenadas de pontos de controle da rede de drenagem, distribuídos ao longo da área. Para obter um melhor processamento das imagens foi realizado o recorte das áreas tomando como base os limites de cada município (IBGE, 2009). Na etapa do pré-processamento, foi realizado o realce de contraste das imagens com a ajuda do histograma. Sendo a característica principal do realce de contraste, propiciar uma alta qualidade de extração de informações, para fins de mapeamento temáticos. O Objetivo ao utiliza-lo é melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano.

5.2.6 Operações aritméticas razão entre as bandas – IVDN (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada) das bandas 4 e 3

Para calcular o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (IVDN), foram utilizadas duas bandas de uma mesma área geográfica, previamente georreferenciada (s). A operação é realizada “pixel” a “pixel”, através de um sistema matemático, tendo como resultado uma banda representando a combinação das bandas originais. Para o cálculo foi utilizado o *spring*, que por sua vez, possui uma operação aritmética pré-definida para obtenção do IVDN, acessada através da opção *Operações Aritméticas* do menu *Imagem*, dada pela Equação 5. Por se tratar de um índice normalizado, com variação entre -1 a 1 foi necessário ajustar seu resultado à escala de cinza das imagens de satélite. Para isto, foi definido na fórmula o ganho em 255 e offset em 64.

$$C = \text{Ganho} \times \left(\frac{A-B}{A+B} \right) + \text{offset} \quad (5)$$

A = banda infravermelho próximo.

B = banda do vermelho.

Essa manipulação matemática das bandas 3 e 4 decorre da assinatura espectral diferenciada da vegetação, frente aos demais alvos, numa nova imagem onde as áreas com vegetação são realçadas, assumindo tons de cinzas mais claros, enquanto que as áreas com solo exposto aparecem em tons de cinzas mais escuros.

5.2.7 Composição multiespectral ajustada (CMA) das bandas 3 + IVDN + banda 1

As composições multiespectrais ajustadas são eficientes e práticas para o estudo e acompanhamento espaço-temporal da ação antrópica, tais como: o desmatamento, recomposição da vegetação nativa e os espelhos de água nos mais representativos mananciais hídricos da região de estudo (SOUZA, 2007). Baseia-se em uma transformação RGB, onde o canal vermelho estará na banda 3, no verde a imagem IVDN e no azul a banda 1. Diante dessa combinação, as áreas de altos valores do IVDN aparecerão em verde, sinalizando a presença de vegetação, já as áreas de baixos valores de IVDN aparecerão em vermelho, representando solos expostos.

5.2.8 Segmentação das imagens IVDN (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada)

O método de segmentação de imagem por crescimento de regiões foi aplicado com o intuito de delinear as regiões na imagem IVDN que, possuem tonalidades semelhantes, ou seja, representam vegetação em estágio similar de degradação. Trata-se de uma técnica de agrupamento de dados executada no *spring*, na qual, somente as regiões adjacentes espacialmente, podem ser agrupadas. A princípio, o processo de segmentação rotula cada pixel como uma região distinta, depois se calcula um critério de similaridade para cada par de regiões adjacente espacialmente, que se baseia em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. Na sequência, divide-se a imagem em um conjunto de sub imagens para então, realizar a união entre elas, a partir de um limiar de agregação definido. A medida de similaridade está baseada, na distância Euclidiana entre os valores médios dos níveis de cinza de cada região (LIMA, 2010). Para o processo de segmentação, foi utilizada a opção *Segmentação* do menu *Imagem* do *spring*, no instante em que, o limiar de similaridade foi definido em 5 e a área mínima de agrupamento, em 10 pixels.

5.2.9 Classificação das imagens

É o processo de extração de informação em imagens, para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Portanto, para realizar a classificação da cobertura vegetal, utilizou-se o método de classificação por região, através do classificador Bhattacharya, em que a medida da distância Battacharya é utilizada para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. O classificador Bhattacharya busca simular o comportamento de um foto – intérprete, ao reconhecer áreas homogêneas de imagens, baseados nas propriedades espectrais e espaciais dos alvos (MORAES, 2003). Este processo de classificação requer interação com o usuário, o que na etapa de classificação é denominada treinamento (CÂMARA et al., 1996). O processo foi realizado no *spring*, acessando a opção *classificação* do menu *Imagem*.

A definição das classes foi feita a partir da análise visual das tonalidades de cinza, na tela do computador. As tonalidades de claro a médio foram consideradas como representativas da cobertura vegetal, as escuras como representativas do solo exposto. Como não é o foco do trabalho fazer uma quantificação mais acurada das classes, não

foi realizado um refinamento das imagens, para eliminar possíveis erros de comissão ou de omissão, portanto, pode existir uma diferença entre as imagens classificadas e as composições multiespectrais ajustadas. Todo este procedimento foi realizado nas imagens IVDN, analisadas para os dois municípios em estudo.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica se constitui em uma das características marcantes do semiárido, sendo um fator importante para o desenvolvimento da região. O Cariri paraibano pode ser dividido em duas partes: uma ocidental e outra oriental, cada qual com algumas particularidades. Sabendo disso, foi realizada uma análise detalhada do comportamento da precipitação em escala temporal e espacial, para melhor compreender a forma de atuação, além de verificar as diferenças existentes em anos de eventos extremos de precipitação e seus impactos para a sociedade. Para tanto, como foi mencionado na seção Materiais e Métodos, optou-se por realizar um estudo mais detalhado, analisando apenas dois municípios – Sumé e São João do Cariri - cada um, situado em uma das sub-regiões dentro do Cariri Paraibano.

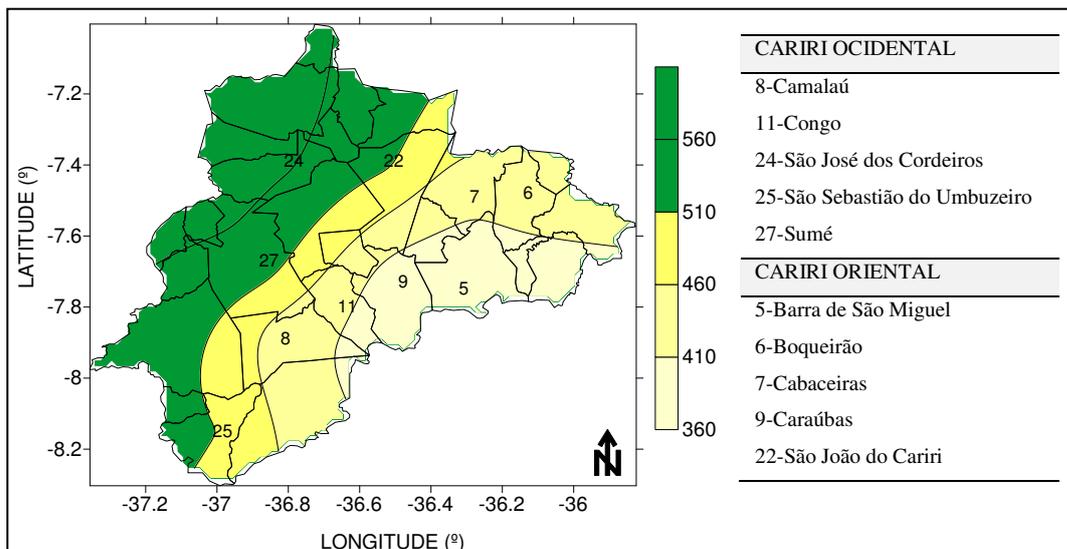
6.1 Variabilidade da precipitação

Neste trabalho foi verificada a variabilidade espacial da precipitação, na região do Cariri Paraibano (ocidental e oriental), baseando-se nos postos pluviométricos com dados provenientes da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), para o período de 1995 – 2015,

Observa-se na Figura 7 a variação espacial da precipitação anual variando no sentido de leste – oeste, ressaltando num gradiente com valores entre 360 a 560 mm. As áreas com os menores valores de precipitação anual localizam-se a leste, ou seja, no Cariri Oriental, aumentando na direção oeste, para a região do Cariri Ocidental, concordante com estudos anteriores como os de Sena et al. (2014) e Alves et al. (2015).

Alves et al. (2015) destaca que um dos fatores que poderia explicar essa variação, seria a variação acentuada na altitude da região, no Cariri Ocidental localiza-se as maiores cotas altimétricas (520 – 1.170 m), onde se encontra inclusive, a nascente do Rio Paraíba, no município de Monteiro, no Cariri Oriental, as cotas são menores, variam de 275 a 500 m.

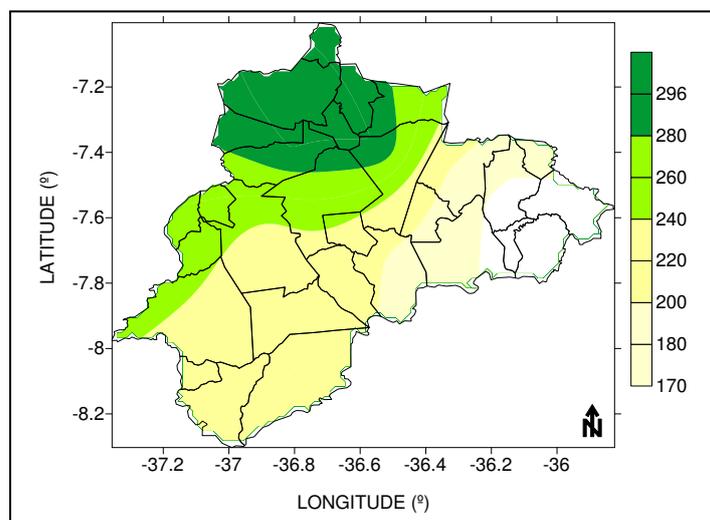
Figura 7 - Distribuição espacial da precipitação anual (mm) para a região do Cariri Paraibano (1995 -2015).



Fonte: A autora, 2016.

Outro aspecto relevante refere-se aos valores de desvio padrão que podem ser observado na Figura 8. Eles apresentam maior dispersão na região norte-noroeste, com desvios entre 240 a 296 mm, enquanto ao leste-sudeste encontram-se as menores dispersões com valores que não ultrapassam 240 mm (Figura 8). Este perfil de dispersão (variabilidade) corresponde ao da precipitação anual, isso significa que, as maiores variabilidades são observadas onde se encontram os maiores valores de precipitação e vice-versa.

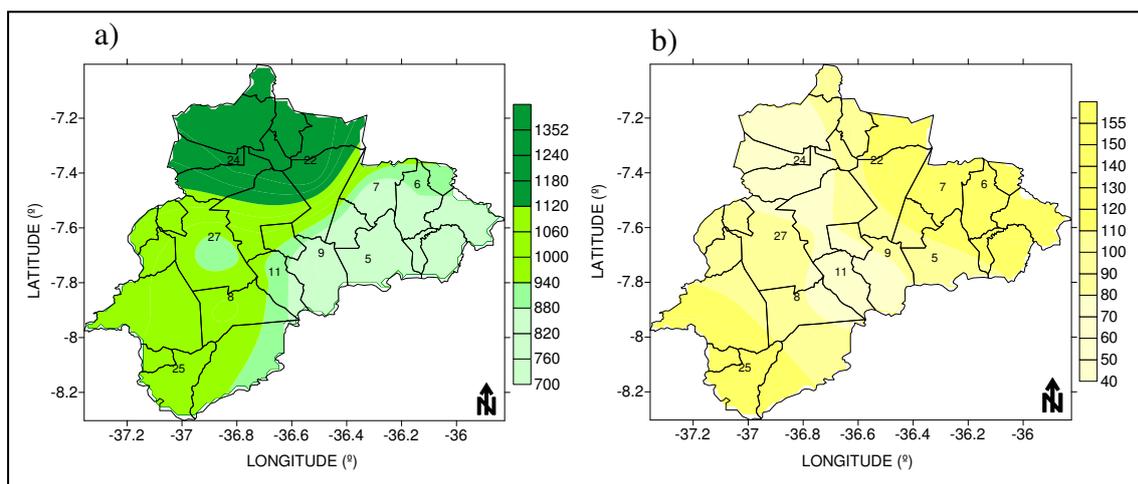
Figura 8 - Distribuição espacial do desvio padrão da precipitação pluviométrica anual para a região do Cariri Paraibano (1995 -2015).



Fonte: A autora, 2016.

Com relação os valores máximos de precipitação na região em estudo, representados na Figura 9 (a), percebe-se que os máximos de precipitação anual também apresentam uma configuração de distribuição espacial no sentido leste-oeste como observado na distribuição anual, variando de, aproximadamente 700 mm na região leste, aumentando para 940 mm a 1060 mm ao sudoeste, entretanto, nota-se ao norte da região um núcleo com valores maiores que 1120 mm (Figura 9 a). Quando se observa os valores mínimos de precipitação anual, não é percebido o mesmo padrão (Figura 9 b), onde os maiores valores encontram-se na parte leste e sudoeste da região (variando de 110 a 155 mm) e decrescem à parte central com valores menores que 80 mm.

Figura 9 - Distribuição anual da precipitação (a) máxima (b) mínima para a região do Cariri Paraibano (1995 -2015).



Fonte: A autora, 2016.

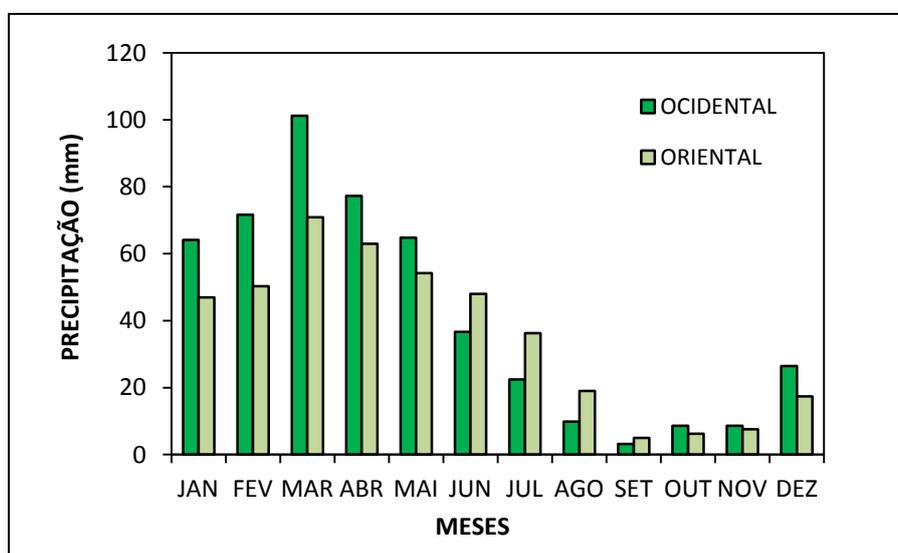
No que confere a região do Cariri Ocidental, a precipitação anual é de 495 mm, período verificado de 1995 a 2015. Observa-se que nessa região (Figura 10) os maiores índices pluviométricos encontram-se nos cinco primeiros meses do ano, concentrando 76,57% da precipitação anual. O trimestre chuvoso para o Cariri Ocidental concentra-se nos meses de fevereiro, março e abril, correspondendo a 250 mm (em média) com um desvio padrão de 124 mm, contribuindo com 51% na precipitação pluviométrica anual.

Em relação ao Cariri Oriental, a precipitação média anual é um pouco menos que 425 mm, com o período chuvoso em relação ao Cariri Ocidental deslocado em um

mês, concentrando-se nos meses de março, abril e maio com média de 192 mm e um desvio padrão de 123 mm (Figura 10).

Os meses de setembro a novembro para ambas as regiões é caracterizado pelos menores índices pluviométricos, sendo os valores de precipitação com média de 6,8 mm para o Cariri Ocidental, e 6,3 mm para o Cariri Oriental. A contribuição dos meses de setembro a novembro para a precipitação anual não ultrapassam 1,5% (Figura 10). O comportamento observado para ambas as regiões, também foi verificado por outros autores, tais como Alves et al. (2015), Silva (2014) e Sena et al. (2012).

Figura 10 - Ciclo anual da precipitação para o Cariri Ocidental e Oriental (1995 – 2015).



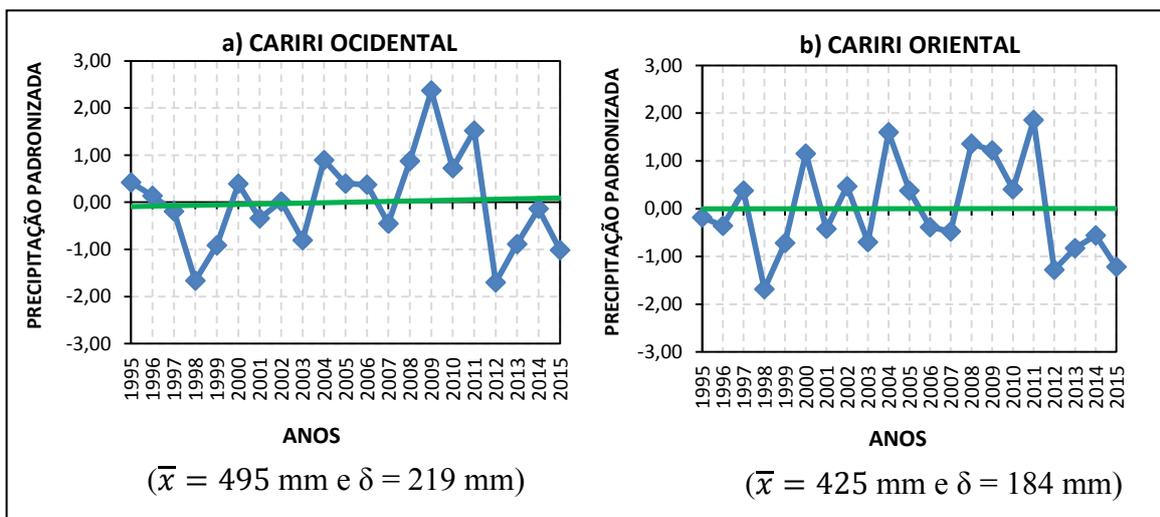
Fonte: A autora, 2016.

A figura 11 representa a precipitação padronizada para cada microrregião – por isso, nesse momento vale ressaltar que a escolha do tipo de representação, se deve ao fato de se poder verificar claramente a variação interanual em relação à média, ou seja, os anos em que a precipitação foi acima (considerados chuvosos) ou abaixo (considerados secos) da média para o período em estudo – é perceptível a alta variabilidade de períodos de chuvas acima e abaixo da média. Também é possível perceber os anos de chuvas e secas intensas, tomando como base um limiar dos valores acima/abaixo de um desvio padrão. Dos 21 anos em análise, 76% (16 anos) do Cariri Ocidental e 62% (13 anos) do Cariri Oriental se apresentaram entre os desvios padrões de ± 1 , podendo ser considerados anos normais, quer dizer, estão dentro das características ou valores esperados (Figura 11).

Analisando a Figura 11 (a) observa-se que os anos mais chuvosos para o Cariri Ocidental foram os anos de 2009 (1013 mm) que correspondeu a 105% a mais do que a média esperada, e 2011 (827 mm) com um aumento de 67% em relação à média. Para o Cariri Oriental, Figura 11 (b), sobressaem-se os anos de 2000 (com 636,5 mm), 2004 (com 718 mm), 2008 (com 674 mm), 2009 (com 648,9 mm) e 2011 (com 765 mm) apresentando um aumento de 49,7%, 69%, 58,5%, 52,6 e 80%, respectivamente, em relação à média.

Com relação aos anos mais secos foram concordantes para as duas regiões, apresentando precipitações bem abaixo da média climatológica, destacando-se os anos de 1998 (26,5%), 2012 (25%) e 2015 (64%) para o Cariri Ocidental e no Cariri Oriental uma redução para o ano de 1998 (de 27%), 2012 (de 45%) e em 2015 (de 47%) (Figura 11 a e b).

Figura 11 - Variação interanual da precipitação padronizada para a região do Cariri Ocidental e Oriental (1995-2015). A linha na cor verde mostra a tendência linear da série.



Fonte: A autora, 2016.

Percebe-se que, para as séries de precipitação anual no período em estudo, não existem indícios de tendência, como fica claro a partir da figura 11. Analisando a região do Cariri Ocidental (Figura 11 a) mais detalhadamente nota-se uma sutil tendência positiva entre os anos de 1998 a 2009, e após esses anos houve um decaimento das precipitações. É constatado o mesmo comportamento no Cariri Oriental, no entanto, um pouco menos intenso.

Diante dessa variabilidade da precipitação observada nas áreas de estudo, faz-se necessário o estudo do comportamento dessa variável principalmente no que diz respeito aos anos com precipitações extremas, seja ela positiva (chuvas intensas) ou negativa (escassez de chuvas), pois, eles afetam diversos setores da sociedade civil, provocando mudanças sociais e econômicas nas cidades e no campo. Justificando dessa forma o estudo dos eventos extremos de precipitação anual da região.

Foram analisados os eventos extremos (chuvoso e seco) para as duas regiões, em relação ao comportamento das temperaturas dos Oceanos Atlântico e Pacífico (Tabela 6), isto é, os eventos extremos que ocorrem sobre os oceanos, já que é notório que as condições da superfície do mar sobre os oceanos apresentam influência sobre a precipitação na região em estudo (SENA et al., 2012).

Tabela 6 - Eventos extremos de precipitação e condições sobre os oceanos Pacífico e Atlântico. (a) eventos chuvosos e (b) eventos secos.

(a)	REGIÃO	EVENTOS CHUVOSOS	OCEANOS	
			PACÍFICO	ATLÂNTICO
	Cariri	2009	La Niña (L)	Gradm –
	Ocidental	2011	La Niña (F)	Neutro
	Cariri	2004	El Niño (L)	Gradm +
	Oriental	2008	La Niña (L)	Gradm –
		2011	La Niña (F)	Neutro

(b)	REGIÃO	EVENTOS SECOS	OCEANOS	
			PACÍFICO	ATLÂNTICO
	Cariri	1998	El Niño (F)	Neutro
	Ocidental	2012	La Niña (M)	Positivo
		2015	El Niño (F)	Negativo
	Cariri	1998	El Niño (F)	Neutro
	Oriental	2012	La Niña (M)	Positivo
		2015	El Niño (F)	Negativo

Observação: As letras em parênteses na tabela 6 (a e b) referem-se à intensidade do evento em que, F – forte, M – moderado e L – leve
 Fonte: CPC/NOAA, 2016.

Verifica-se que para os anos mais chuvosos no Cariri Ocidental, há o predomínio do evento La Niña e no oceano Atlântico as condições do GRADM negativo e neutro (Tabela 6 a). Conforme os estudos de Silva et al (2012), Marengo et al (2011), Da Silva e Galvêncio,(2010), ambas as condições dos oceanos, contribuem para o aumento da precipitação na região. O mesmo pode ser observado no Cariri Oriental, com exceção do ano de 2004, ano de El Niño, classificado na categoria leve, e no oceano Atlântico em condição positiva, condições essas que, não favorecem a precipitação.

Para os anos de precipitações abaixo da média, mais precisamente os anos extremos secos, observa-se o predomínio do evento El Niño na categoria forte, e no oceano Atlântico as condições do GRADM neutro, isto significa que, apenas o Oceano Pacífico está influenciando na precipitação da região, com exceção apenas do ano de 2012, ano de La Niña leve e GRADM positivo (Tabela 6 b). Com isso, os resultados encontrados corroboram com os estudos já existentes, isso indica que, os anos de evento El Niño intenso, sempre diminuem a precipitação, enquanto nos anos de La Niña fraca ou condições neutras no Pacífico, o Atlântico quem domina. Com isso percebe-se que, as condições sobre os dois oceanos não favoreceram a formação de chuvas na região.

6.2 Descrição estatística dos dados de precipitação

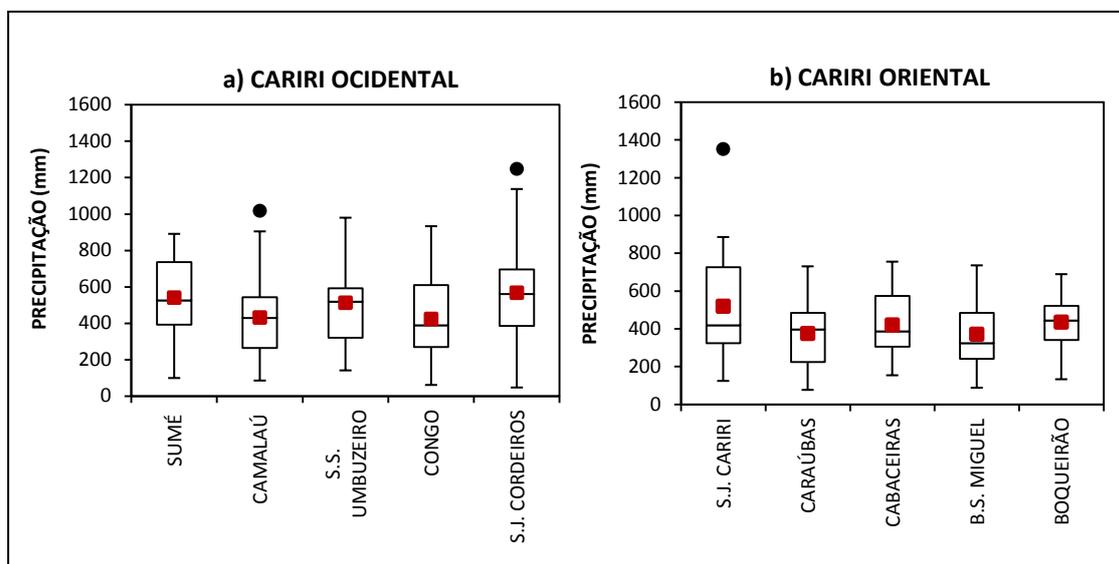
Com o objetivo de verificar alguns aspectos da distribuição dos dados, como por exemplo, a posição, variabilidade, assimetria e ocorrência de valores atípicos, foi aplicada a técnica do *box plot*, para os municípios estudados.

A mediana e a média são as medidas mais comuns, para se remeter ao valor central de uma distribuição da variável. A primeira (mediana) está representada pelo segmento da reta na caixa, enquanto a segunda (média) pelo quadrado na cor vermelha. Observa-se na Figura 12 (a) que dois municípios do Cariri Ocidental apresentaram valores atípicos (*outliers*) ao longo da série, destacando o ano de 2009, com valores discrepantes para Camalaú, com precipitação de 1017 mm e São José dos Cordeiros, com 1247 mm.

É evidente que ocorre uma variação na distribuição da precipitação, sendo São Sebastião do Umbuzeiro o que apresenta a maior mediana, ao contrário do Congo, com a menor mediana (Figura 12 a). No Cariri Oriental, o município de São João do Cariri apresenta valor atípico (*outliers*), por exemplo, no ano de 2011 com precipitação de

1352 mm e uma assimetria positiva, uma vez que a média apresentou-se superior à mediana (Figura 12 b).

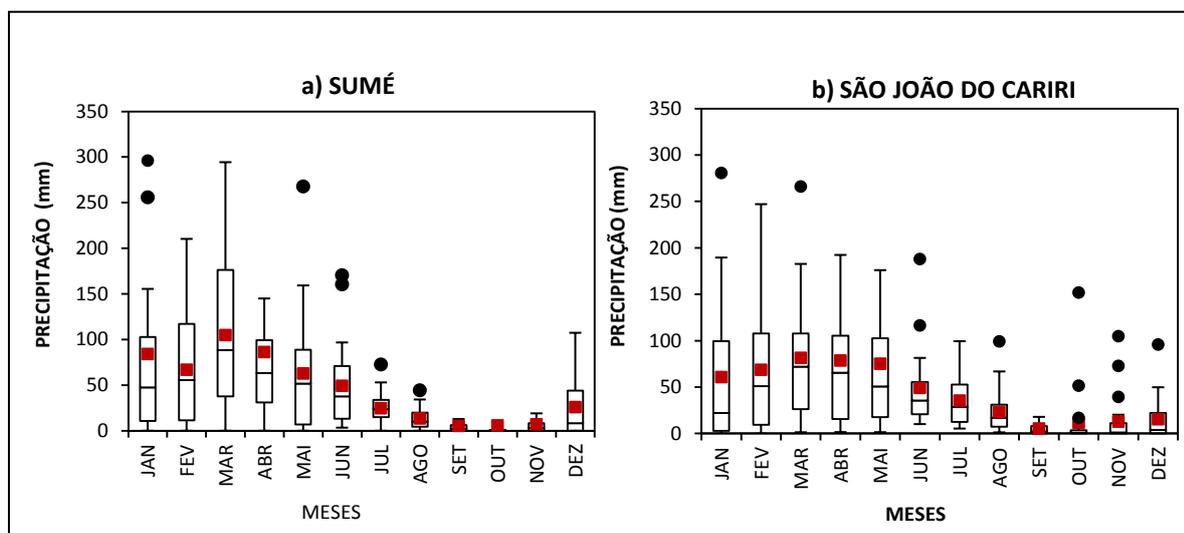
Figura 12 - *Box plot* dos dados anuais de precipitação (mm) para: (a) Cariri Ocidental e (b) Cariri Oriental, no período de 1995 – 2015.



Fonte: A autora, 2016.

Como já mencionado anteriormente, foi realizada a escolha de dois municípios, Sumé e São João do Cariri, da região em estudo. Para realizar as análises, foi aplicada a técnica do *box-plot* para ambos os municípios, no período anual, com o intuito de analisar a influência da precipitação mensal e os possíveis *outliers*. Através da figura 13 (a e b) é possível observar uma assimetria positiva, para os totais mensais de precipitação pluviométrica, uma vez que, a média mensal apresentou-se superior à mediana nos seis primeiros meses, uma possível justificativa para isso, seria a má distribuição espacial da precipitação durante esses meses. Os valores atípicos (*outliers*) para o município de Sumé estão concentrados nos meses de janeiro, maio, junho, julho e agosto encontrando-se os maiores valores de *outliers*, no mês de janeiro com 296 mm, no ano de 2002, e 256 mm no ano de 2011. Para o município de São João do Cariri foram os meses de janeiro, março, junho, agosto, outubro, novembro e dezembro, sendo também o mês janeiro o que apresentou maior valor atípico da precipitação, com 280,8 mm no ano de 2004 (Figura 13 b).

Figura 13 - *Box plot* dos dados mensais de precipitação (mm) para: (a) Sumé e (b) São João do Cariri, no período de 1995 – 2015.



Fonte: A autora, 2016.

Percebe-se que os meses mais secos (de setembro a novembro) o município de Sumé não apresentou nenhum *outliers* (Figura 13 a), entretanto, no município de São João do Cariri foi observado valores atípicos (*outliers*) nos meses de outubro, 17 mm (em 2014) e novembro com 39,6 mm (em 2013), e o maior no mês de outubro, com 152 mm (em 2010) e em novembro, com 105 mm (em 2014) (Figura 13 b).

6.3 Eventos extremos de precipitação

Diante da variabilidade observada e dos anos com precipitação extrema – *outliers* (verificados pela técnica do *box plot*) foi aplicado a técnica dos quantis para o município de Sumé, localizado no Cariri Ocidental e São João do Cariri no Cariri Oriental, pois como os dados de precipitação pluviométrica não seguem uma distribuição normal, essa técnica acaba sendo a melhor metodologia, para classificação de eventos de precipitação quanto a intensidade, sendo possível identificar, mesmo que não corrobore com os eventos de precipitação verificados pela técnica do *box-plot*.

A classificação da intensidade da precipitação referente às ordens quantílicas obtidas para Sumé (Tabela 7), conforme metodologia descrita na seção 6.4, desde um ano extremamente seco determinado pelo quantil Q (0,05) com precipitação anual

inferior a 27 mm, até um ano extremamente chuvoso, quando a precipitação for maior ou igual a 890,20 mm, delimitado pelo quantil Q (0,95).

Para o município de São João do Cariri, observa-se (Tabela 7) que a classificação da intensidade da precipitação referente às ordens quantílicas, para um ano extremamente seco (ES) apresenta precipitação anual inferior a 124,80 mm, e um ano extremamente chuvoso (EC), quando a precipitação for maior ou igual a 1351,70 mm. Nota-se que os valores encontrados das precipitações para as ordens quantílicas ES e EC são maiores em relação ao município de Sumé, o que chamou a atenção tendo em vista que, encontra-se no Cariri Oriental, onde normalmente os valores anuais de precipitação são menores. Analisando a Figura 13 (b) e comparando com a figura 13 (a) do *box-plot* percebe-se uma assimetria positiva um pouco maior, para os meses de: janeiro, fevereiro, abril, maio e julho. Essa má distribuição na precipitação pode ser uma das justificativas, para os maiores volumes pluviométricos no Cariri Oriental, quando analisados no período anual.

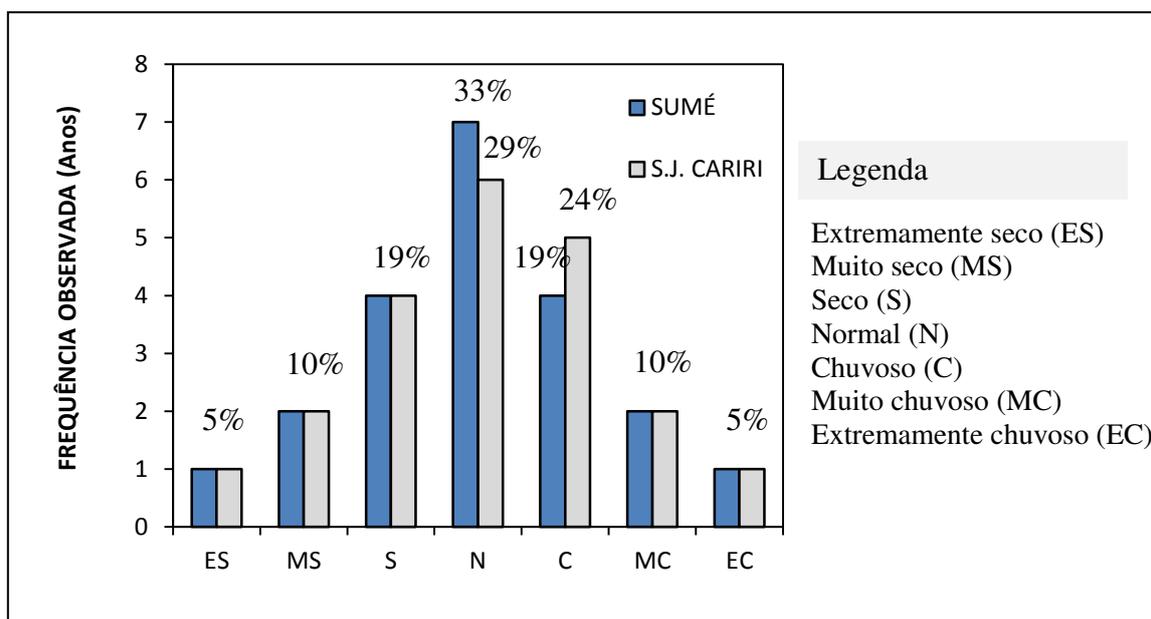
Tabela 7 - Classificação da intensidade da precipitação anual para Sumé e São João do Cariri.

Categorias	Intensidade da Precipitação (mm)	
	Sumé	São João do Cariri
Extremamente Seco (ES)	$p(x) < 27$	$p(x) < 124,80$
Muito Seco (MS)	$27 \leq p(x) < 248,68$	$124,80 \leq p(x) < 214,44$
Seco (S)	$248,68 \leq p(x) < 452,85$	$214,44 \leq p(x) < 372,35$
Normal (N)	$452,85 \leq p(x) < 697,89$	$372,35 \leq p(x) < 658,91$
Chuvoso (C)	$697,89 \leq p(x) < 799,67$	$658,91 \leq p(x) < 786,55$
Muito Chuvoso (MC)	$799,67 \leq p(x) < 890,20$	$786,55 \leq p(x) < 1351,70$
Extremamente Chuvoso (EC)	$p(x) \geq 890,20$	$p(x) \geq 1351,70$

Fonte: A autora, 2016.

Com o intuito de demonstrar o comportamento da precipitação anual em relação à classificação da intensidade, com base na técnica dos quantis, para cada microrregião foi calculada a frequência relativa anual (Figura 14). Como resultado, observa-se que 52% dos anos apresentaram precipitação, correspondendo às classes seco e normal, variando de 248,68 mm a 697,89 mm para o município de Sumé, e em São João do Cariri com um percentual de 48%, ou seja, com volumes de precipitações um pouco menores (variando de 214,44 mm a 658,91 mm).

Figura 14 - Frequência relativa das categorias de intensidade da precipitação para os municípios de Sumé e São João do Cariri (1995-2015).



Fonte: A autora, 2016.

As classes que abrangem as categorias que precipitam abaixo do normal (extremamente seco, muito seco e seco), são iguais para os dois municípios, correspondendo a um total de 34% de toda a série de precipitação estudada. Para as categorias: extremamente chuvoso, muito chuvoso, e chuvoso, se observa uma sutil variação, na qual Sumé apresenta 34% e São João do Cariri com 39% (Figura 14).

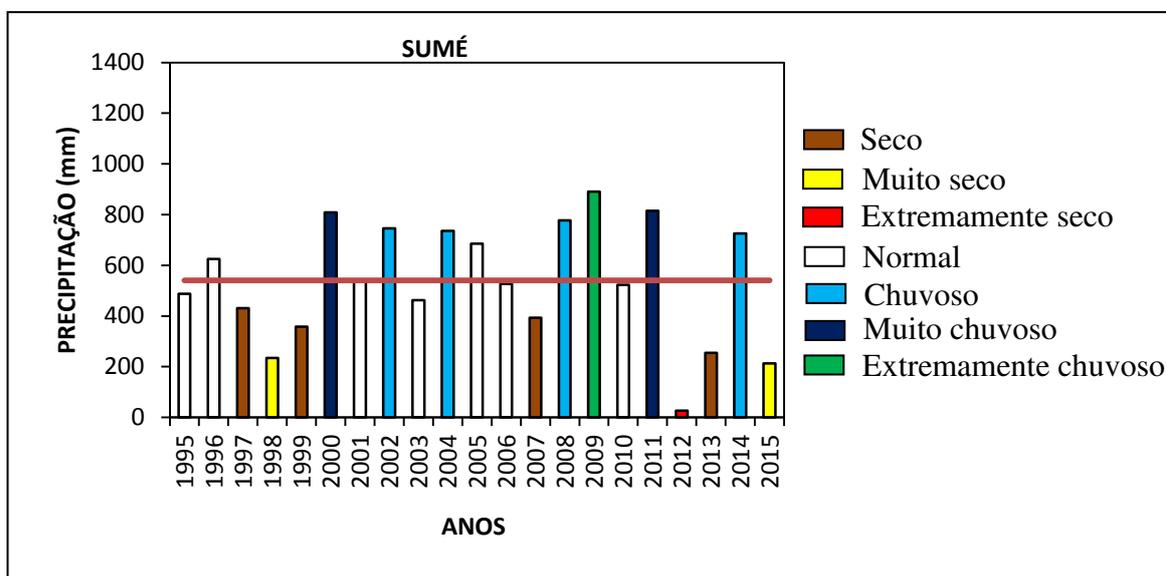
Analisando ano a ano essa classificação, percebe-se que os anos chuvosos (categorias chuvoso, muito chuvoso e extremamente chuvoso) aparecem com maior frequência de ocorrência, sendo um total de 7 anos para Sumé, e 8 anos para São João do Cariri, salientando que, a partir de 2000 até 2011 a frequência de chuvas com maior intensidade aumentam, para as duas regiões (Figuras 15 e 16). As únicas exceções ocorrem em 2007, para ambas as localidades, e 2003 para São João do Cariri, as duas classificadas na categoria Seco. Neste período, como se pode observar na Tabela 6 a presença de 3 eventos El Niño, sendo eles na categoria moderado e leve, e com o GRADM positivo e neutro, tem-se também 3 eventos La Niña, classificados como moderado, leve e forte, e o GRADM neutro, negativo e positivo, o que pode ter influenciado a precipitação da região, tendo em vista que nos anos de La Niña, o Oceano Atlântico estava em condições favoráveis, contribuindo com a precipitação, destacando-se o ano de 2010/2011, ano de La Niña forte e GRADM positivo/neutro.

Percebe-se que depois de 2011 (Figuras 15 e 16) ocorrem oscilações na precipitação pluviométrica, variando de extremamente seco a seco, com exceção do ano de 2014 para o município de Sumé, pois, esteve acima da média (726 mm), sendo classificado como chuvoso, já em São João do Cariri, se tem a ocorrência de precipitações bem pequenas, sendo 2014 classificado na categoria normal com 377,3 mm.

Sabe-se que a seca é uma problemática antiga no nordeste, sendo sempre a causa de inúmeros transtornos a população, afetando principalmente, aqueles com menor poder econômico e social. Nos últimos anos esse assunto tem sido pauta de discussões e motivo de preocupação entre os gestores, agricultores, especialistas em desenvolvimento, pesquisadores e formuladores de políticas, os quais tentam entender a dimensão que essas mudanças irão afetar os recursos hídricos, produção de alimentos, renda e subsistência. Marengo et al. (2016) diz que, os anos de 2012 a 2015 são considerados o período de seca mais grave na região, das últimas décadas, causando impactos na região semiárida nos estados do Nordeste brasileiro.

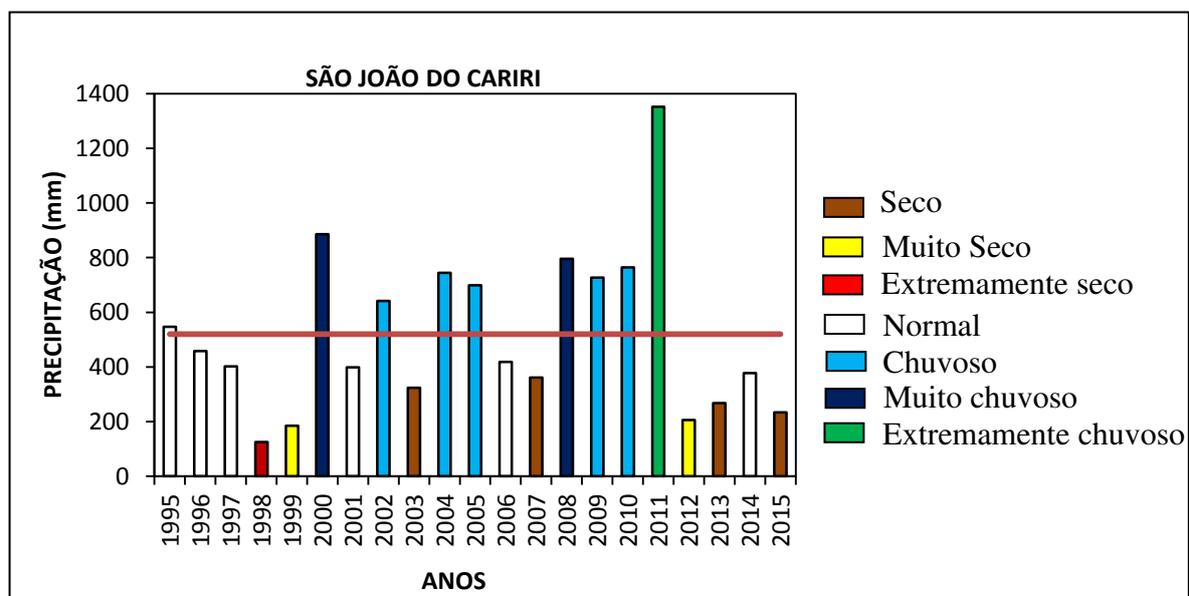
Observa-se que os anos de 2000, 2002, 2004, 2008, 2009 e 2011 coincidem nas duas localidades, sendo eles classificados como anos: chuvosos, muito chuvosos e extremamente chuvosos. Um dos motivos para tal coincidência se deve ao fato das duas regiões serem muito próximas, mais precisamente, com uma distância de apenas 51 km. Os anos que diferem são 2005 e 2010, classificados como normal e chuvoso, respectivamente (Figuras 15 e 16). Para Sumé 2009 (Figura 15) chama a atenção por ter apresentado uma precipitação maior do que os demais, com 890,2 mm e em São João do Cariri foi o ano de 2011, com 1351,7 mm (Figura 16). Esses resultados corroboram com os encontrados por Sena et al. (2014), em que os maiores valores pluviométricos para a região do Cariri Paraibano concentraram-se nos anos de 2000 até 2011.

Figura 15 - Distribuição temporal da qualidade chuvosa para o município de Sumé para o período de 1995-2015. A linha na cor vermelha demonstra a média climatológica ($\bar{x} = 536$ mm e $\delta = 234$ mm).



Fonte: A autora, 2016.

Figura 16 - Distribuição temporal da qualidade chuvosa para o município de São João do Cariri para o período de 1995-2015. A linha na cor vermelha representa a média climatológica ($\bar{x} = 520$ mm e $\delta = 292$ mm).



Fonte: A autora, 2016.

A partir da técnica dos quantis é possível identificar os anos com precipitações extremas (eventos extremos). Sendo assim, alguns anos apresentaram elevados e baixos volumes de precipitação, evidenciando para Sumé os anos de 2009 (ano Extremamente Chuvoso) com 890,2 mm, de 2012 (ano Extremamente Seco) com 98,6 mm. Em São João do Cariri os anos de 1998 (ano Extremamente Seco) com 124,8 mm, uma redução de 24% em relação à média, e 2011 (Extremamente Chuvoso) com 1351,7 mm, um aumento de 160% em relação à média climatológica (Figuras 14 e 15).

Assim, os estudos apontam que os anos compreendidos entre 2000 e 2011, um período relativamente extrenso (12 anos), a região não sofreu com escassez de chuva, entretanto, o ano subsequente, 2012, foi considerado o mais seco (Figuras 15 e 16), apontado como uma das secas mais severas dos últimos 60 anos, como comentou o Prof. PhD Luiz Carlos Baldicero Molion ao site da Tribuna do Norte (2013). Neste ano, a quantidade de chuva no Nordeste foi baixa, com apenas 98,6 mm para Sumé e 205,8 mm para São João do Cariri, sendo, portanto, entendida como irregular e mal distribuída, além de muito abaixo da média histórica, isso em todos os estados da região Nordeste. Por ser um ano de baixa precipitação no Estado da Paraíba, estimam-se perdas expressivas na pecuária e na agricultura, 93,5% na produção de feijão e de 95,7% no milho (SANTOS et al., 2012).

Em relação aos anos posteriores a 2012 até 2016, as precipitações pluviométricas foram abaixo da média. Sobre isso, o Dr. Alexandre Magno, chefe do Departamento de Meteorologia da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), explica que as chuvas dos últimos anos não têm sido suficiente para encher os reservatórios, nem para recuperar as reservas de água no subsolo. Isso corrobora com o que ocorreu para os municípios em estudo (Figuras 15 e 16), pois, nos anos de 2012 a 2015 a precipitação foi bem abaixo da média climatológica, com exceção de 2014, onde Sumé registrou, 726 mm e São João do Cariri, 377,3 mm.

O Cariri é uma das áreas mais afetadas pela estiagem na Paraíba. As consequências da seca podem ser vistas em toda parte. Nas palavras do agrônomo Vlaminck Saraiva, diretor da Emater: “nesses quatros anos, a seca trouxe muito prejuízos para os agricultores da Paraíba, as perdas na safra foram acima de 50%, e na pecuária uma perda em torno de 40%” (AGRO OLHAR, 2015).

6.4 Estudo de caso: consequências dos eventos extremos secos (1998 e 1999) e chuvosos (2008 e 2009)

Nos anos classificados como secos que foram selecionados para o estudo (1998 e 1999), percebe-se que os principais efeitos foram sentidos principalmente, nas baixas produtividades dos cultivos e rebanhos. O relatório divulgado pelo Laboratório de Meteorologia Recursos Hídrico e Sensoriamento Remoto (LMRS-PB), indicou que a região do Cariri, uma das mais pobres do Brasil, foi a mais castigada pela seca no ano de 1997/1998. O El Niño de 1997/1998, em conjunto com a alta vulnerabilidade da população e com a falta de política pública, trouxe consequências desastrosas em todo o Cariri e Sertão (SOUSA, 2007). O resultado dessa seca de 1997/1998 foi catastrófico, com isso, desestabilizou a economia da região semiárida, onde foi observado que famílias migraram da zona rural para a urbana (SOUSA, 2007).

Analisando o comportamento dos oceanos no ano de 1998, em que baixos índices pluviométricos foram registrados, observa-se a ocorrência do mega evento El Niño atuando no Oceano Pacífico, atrelada a essa configuração, sobre o Atlântico Sul tinha as temperaturas da superfície do mar (TSM) frias e sobre o Atlântico Norte as quentes, sendo, portanto configurações desfavoráveis às precipitações no semiárido, como foi verificada nos dois municípios em estudo, Sumé e São João do Cariri.

O comportamento do total pluviométrico no ano de 1998 pode ser visualizado nas Figuras 15 e 16, onde fica notório o comprometimento das safras da região, com a ocorrência de perdas da produção em todos os municípios da região (Tabela 8). Segundo Sousa (2007) foi um ano que apresentou um quadro de miséria e desordem nas cidades, nas quais foram saqueadas feiras livres, além de armazéns públicos e privados. No campo, uma significativa parcela dos rebanhos morreu de fome e/ou de sede, sendo decretado estado de calamidade pública em todos os municípios. Para amenizar/solucionar a situação, foram aplicadas medidas paliativas como: distribuição de cestas básicas, abertura de frentes de trabalho e carros-pipa tiveram de abastecer com água as comunidades rurais e urbanas.

Tabela 8 - Quantidade de área plantada e colhida (em hectares) para as culturas do milho e feijão em Sumé e São João do Cariri.

AGRICULTURA						
Município	Cultura	Área Plantada e colhida (ha)	Anos			
			1998	1999	2008	2009
Sumé	Feijão	Área Plantada	-	440	1.500	1.200
		Área Colhida	-	20	1.500	1.200
	Milho	Área Plantada	-	960	1.600	1.600
		Área Colhida	-	100	1.600	1.600
São João do Cariri	Feijão	Área Plantada	100	450	1.100	1.100
		Área Colhida	0	0	1.100	1.100
	Milho	Área Plantada	100	600	1.200	1.200
		Área Colhida	0	0	1.200	1.200

Fonte: IBGE, 2016.

Devido à instabilidade climática da região, que impõe riscos à agricultura de sequeiro, na maioria das vezes se planta muito e se colhe pouco, sendo o prejuízo econômico ainda maior em anos de El Niño. Os resultados encontrados (Tabela 8) são semelhantes aos de Silva Neto (2004), que trabalhando nos municípios de Sumé, Prata, Ouro Velho e Amparo no período do mega evento El Niño 1997/1998 levaram a nível zero a produção de milho e feijão, provocando a indisponibilidade da base energética das famílias rurais.

Observa-se na Tabela 8 que, no ano de 1998, ponto crítico do fenômeno El Niño, o resultado foi ainda mais desastroso, pois os baixos índices pluviométricos dizimou a pouca área plantada e a perda foi total, tendo os efeitos prolongados no ano seguinte, como está explícito nas Figuras 15 e 16 (técnica dos quantis), em que fica notório que ocorreu um aumento da precipitação pluviométrica, mas não de forma homogênea, a exemplo do município de Sumé, que alcançou apenas 357,3 mm, enquanto São João do Cariri 184,9 mm, valores bem abaixo da média climatológica. Essas consequências foram sentidas principalmente, no setor agropecuário, tendo em vista que a região estava se recuperando do evento El Niño (Tabela 8).

Analisando outros anos em que as precipitações foram acima da média pluviométrica, 2007/2008, anos de La Niña Forte e Gradiente Meridional da Temperatura da Superfície do Mar (GRADM) negativo, favorecendo a precipitação da região, os volumes registrados foram de 777,2 mm e 796,3 mm, no ano de 2008 para os dois municípios em questão. O ano de 2008/2009, ano de La Niña leve e o GRADM

negativo, contribuindo para os elevados volumes pluviométricos, Sumé registrou 890,2 mm e São João do Cariri 727 mm. Fica claro que, nos anos de La Niña, além dos volumes pluviométrico terem sido bem acima da média, a produção agrícola foi de 100% nos dois municípios (Tabela 8).

Por ser uma região marcada por instabilidade pluviométrica e pelos fenômenos ENOS, conseqüentemente aumentam a vulnerabilidade das famílias e os impactos (sociais, econômicos e ambientais), além da falta de políticas públicas. As conseqüências do El Niño são mais devastadoras, visto que a área possui uma fraca infraestrutura hídrica, além de ser carente de políticas públicas que mitiguem o problema causado pela instabilidade pluviométrica (MARENGO et al.,2011).

O efetivo pecuário para os municípios estudados está quantificado para o período de 1998 a 2009 (Tabela 9). A pecuária extensiva é a principal atividade econômica do Cariri. Segundo o IBGE (2006) o destaque principal fica para os rebanhos de caprinos, seguido dos bovinos, este último é o responsável por grande parte da renda dos pequenos produtores, além de médios e grandes agricultores, outros que aparecem na lista são a ovinocultura e os suínos.

Observa-se uma queda no efetivo pecuário durante o período 1998/1999, no município de Sumé, por exemplo, percebe-se uma redução em todo o rebanho, entretanto, em São João do Cariri, nota-se uma redução no número de cabeças de bovinos e um aumento no rebanho de caprinos, ovinos e suínos. Nos anos de 2008 e 2009 o efetivo dos rebanhos apresentou um aumento no número de cabeças, com exceção dos suínos, no município de Sumé, ano de 2009 que, apresentou uma pequena diminuição (Tabela 9).

Tabela 9 - Efetivo pecuário por município e por tipo de rebanho.

PECUÁRIA					
Município	Rebanho	Ano			
		1998	1999	2008	2009
Sumé	Bovino	6.480	6.320	8.800	8.940
	Caprino	17.646	17.443	19.000	19.200
	Ovino	4.720	4.635	7.000	7.700
	Suíno	1.268	1.168	1.845	1.830
São João do Cariri	Bovino	4.410	4.200	5.900	6.060
	Caprino	6.262	6.450	10.200	10.924
	Ovino	3.996	4.010	5.100	5.607
	Suíno	388	405	475	475

Fonte: IBGE, 2016.

Um dos problemas enfrentados pelos agricultores é a ausência das pastagens, a insuficiência de recursos econômicos da maioria dos criadores, que não dispõem de mecanismos para amenizar os efeitos da seca na região semiárida, sendo os resultados ainda mais nocivos em anos de El Niño. Porém, na tentativa de amenizar esse problema, os criadores encontram algumas alternativas, com o propósito de mitigar os efeitos das estiagens, especialmente quando estas são consequências do El Niño, dentre elas, a substituição da vegetação nativa pela pastagem artificial, além da inserção de animais mais adaptados às condições áridas vem valorizando, ainda mais a participação destes na economia local (SOUSA, 2007).

Não obstante, vale ressaltar a necessidade do auxílio através de programas e políticas públicas sociais dos governos federal, estadual e municipal visando melhorar as condições de sobrevivência dos moradores locais, “caririzeiros”, como se autodenominam. Além da implantação de tecnologias sociais voltadas à produção de alimentos e à pecuária sustentável, a erradicação da pobreza, a eliminação das desigualdades regionais, uma gestão assertiva para o uso das águas e a mitigação da poluição dos corpos hídricos tão escassos, porém extremamente necessários.

6.5 Processamento digital de imagem

6.5.1 Composição multiespectrais ajustada

As composições multiespectrais ajustadas são eficientes e práticas para o estudo espaço-temporal da ação antrópica, as mesmas servem para se ter uma visão geral da dinâmica, envolvendo o desmatamento e a recomposição da vegetação nativa, bem como dos espelhos d’água da região. Quando se analisa uma composição multiespectral ajustada, observa-se que as áreas com solos expostos são diferenciadas pela cor magenta, o verde quanto mais claro, indica a presença de vegetação com bastante água em suas folhas, enquanto a vegetação mais escura assinala a existência da vegetação em estresse hídrico.

6.5.2 Análise das Composições Multiespectrais

Em uma análise prévia, que corresponde à etapa de classificação não supervisionada, se observa possíveis mudanças na cobertura vegetal para os anos

selecionados (1998, 1999, 2008 e 2009). Foram escolhidos os anos de 1998/1999 por serem anos de atuação do evento El Niño, e 2008/2009 de La Niña, classificado na categoria leve, pois, apresentaram precipitação bem acima da média, além disso, outro fator decisivo foi a disponibilidade das imagens, com uma cobertura de nuvem abaixo dos 10%.

A cobertura vegetal da região semiárida é composta por distintos padrões morfológicos, que se baseiam principalmente nas condições climáticas. Neste sentido, uma das características dessa região está na presença da caatinga vegetal arbustiva, densa ou aberta, que perde sua folhagem no período de estiagem, tornando a recuperá-la e a florescer no período chuvoso. Assim, na fotointerpretação das composições multiespectrais ajustadas oriundas do tratamento digital de imagens deve-se levar em consideração o período em que a imagem foi obtida.

As áreas com baixos índices de vegetação, ou seja, com solo exposto e/ou campos/regiões antropizadas, são identificadas pela cor magenta, as áreas onde predomina uma vegetação mais densa (maior nível de preservação das espécies nativas) apresentam-se em tons esverdeados, sendo as tonalidades mais claras onde a vegetação está mais conservada e possivelmente isenta de estresse hídrico, enquanto, as áreas esverdeadas mais escuras representam déficit hídrico. Essas características são notórias nas imagens adquiridas no período chuvoso, pois se apresentam com tonalidade mais brilhosa, no entanto, o inverso acontece com as imagens em anos seco. Por isso, quando comparamos as composições multiespectrais adquiridas em anos diferentes, porém na mesma época, é possível diferenciar o comportamento da cobertura vegetal (Figura 17 a, b, c e d).

Verifica-se visualmente uma modificação no quantitativo vegetacional da paisagem ao longo dos anos, fato esse que pode ser observado nas composições multiespectrais, pertencentes ao período compreendido entre os anos de 1998, 1999, 2008 e 2009 (Figuras 17 a, b, c e d). Ademais, foi possível observar que a cobertura vegetal se manteve principalmente ao longo dos cursos dos rios e riachos locais, em decorrência da manutenção da umidade durante uma boa parte do ano, assim como nas áreas de maiores elevações, nesse caso os morros, picos e relevos regionais. Nota-se que ocorre uma evolução do processo de redução da vegetação nativa em alguns pontos dos municípios e uma recuperação em outros, o qual ocorre principalmente nas áreas em que as terras se encontram em repouso, sem nenhuma utilização de práticas antrópicas

como: desmatamento, preparo do solo para plantios, entre outros (Figuras 17 e Figura 18).

Realizando uma interpretação visual das CMA's para as datas de 14/10/1998, 17/10/1999, 23/09/2008 e 13/01/2009 (Figura 17 a, b, c e d) no município de Sumé, se observa a evolução espaço-temporal do comportamento da cobertura vegetal. A região vem sofrendo há anos com a exploração desenvolvida sem planejamento, ou seja, sem a utilização de técnicas corretas às condições semiáridas, causando, quantas vezes problemas irreversíveis (Sousa, 2007).

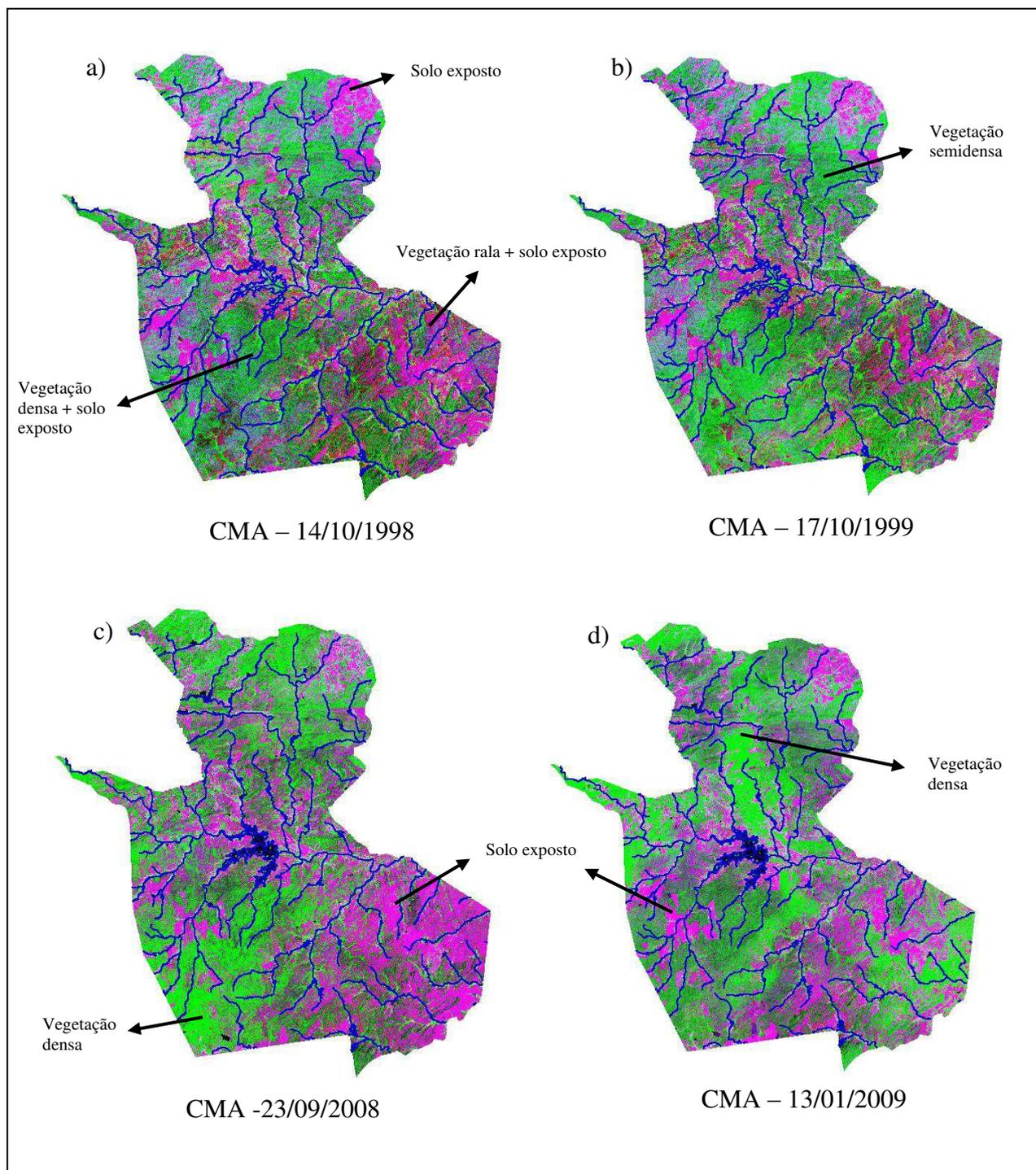
Comparando as CMA's dos anos de 1998 e 1999 (Figura 17 a e b) do município de Sumé, nota-se que o ano de 1998 foi mais prejudicado, tendo em vista que sua precipitação foi bem abaixo da média da região, somando 234,8 mm, com maior precipitação no mês de janeiro (97,6 mm) e as últimas chuvas no mês de agosto. Percebe-se também, que a vegetação está em estresse hídrico (Figura 17 a).

A CMA para o ano de 1999 apresentou precipitação de 357,3 mm, embora tenha sido um pouco maior, mas ainda assim, esteve abaixo da média da região, persistindo assim a situação de estresse hídrico da vegetação. Vale ressaltar que no ano de 1999, a precipitação concentrou-se em quase todo o ano, com exceção de abril e setembro, sendo o mês de março com maior precipitação (63,1 mm). Portanto, comparando a imagem de 14 de outubro de 1998 com a imagem de 17 de outubro de 1999, verifica-se que os efeitos do evento El Niño 1997/1998 ainda pode ser percebido na região no ano de 1999 (Figuras 17 a e b).

Analisando a CMA do ano de 2008 e comparando com os anos anteriores percebe-se que a vegetação na parte sudeste foi a mais devastada (Figura 17 c), isso ocorreu devido a práticas agrícolas de forma desordenadas. No ano em questão, a precipitação pluviométrica foi bem acima da média da região, somando 777,2 mm, concentrando-se os maiores volumes pluviométricos nos meses de fevereiro a maio, sendo março o mês de maior precipitação com (294,4 mm), ou seja, os maiores volumes pluviométricos concentrados no período chuvoso da região.

A composição multiespectral do ano de 2009 (Figura 17 d) apresenta uma vegetação mais exuberante, sem estresse hídrico, tendo em vista que foi um ano com precipitação de 890,2 mm, isso significa um aumento de 65% em relação à média da região. Nesse período os maiores valores pluviométricos concentram-se nos seis primeiros meses, destacando o mês de abril, com maior volume pluviométrico (270 mm).

Figura 17 - Composição multiespectral ajustada para o município de Sumé: em (a) para o ano de 1998, (b) para o ano de 1999, (c) para o ano de 2008 e em (d) para o ano de 2009.



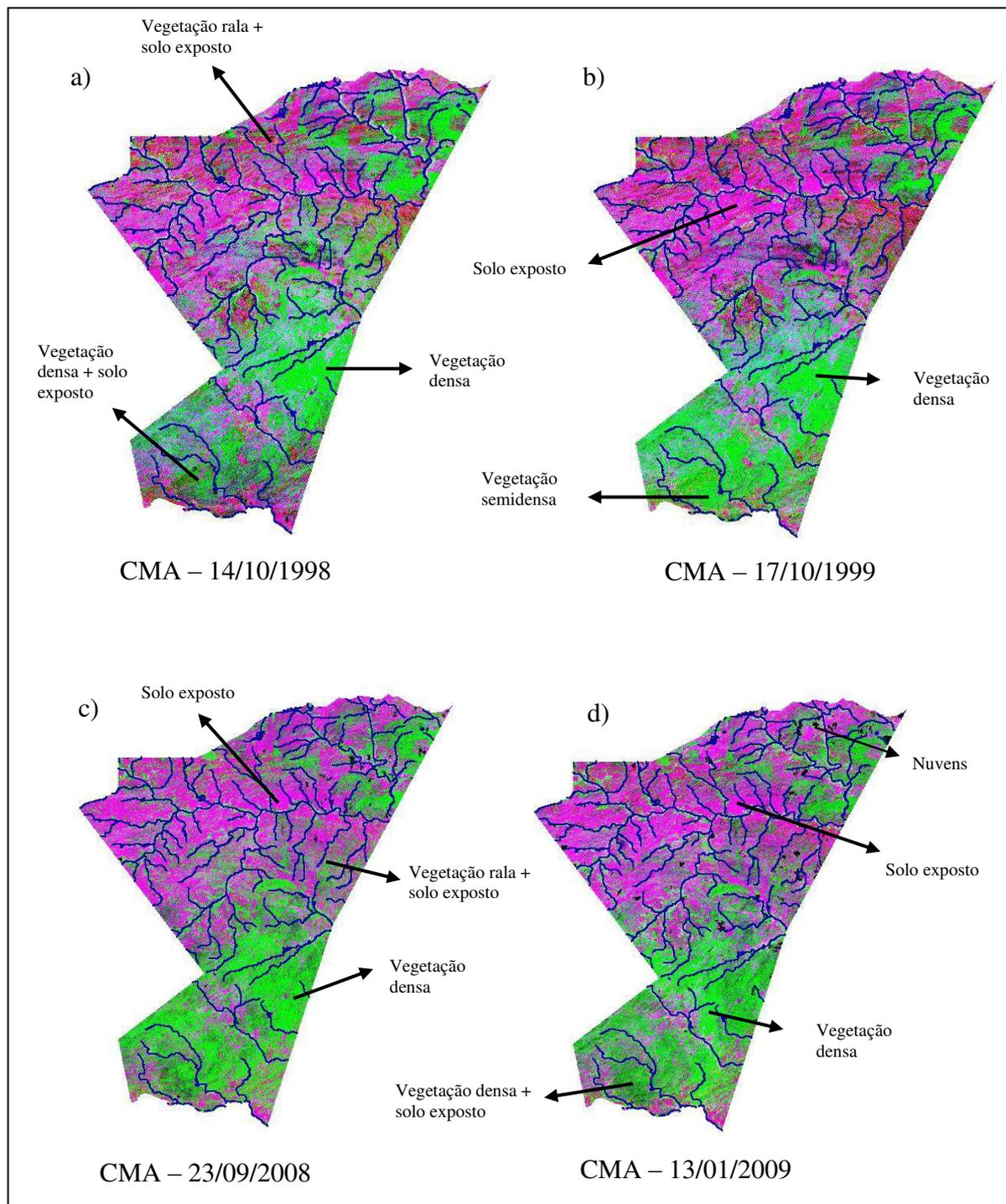
Fonte: A Autora, 2016.

Essas mudanças observadas ao longo do período estudado podem ser atribuídas às práticas de utilização das terras sem manejo racional, principalmente nos municípios que foram colonizados para implantação da pecuária extensiva, com extração da mata nativa. Outro aspecto observado se refere às áreas de vegetação rala, que tentam naturalmente, se recuperar e se desenvolver, sobretudo no período de inverno, quando então, elas retiram o nutriente e a pouca umidade do solo, adquirindo um verde mais exuberante, mascarando, desta forma, o aspecto da vegetação.

Comparando visualmente as CMA's para as datas de 14/10/1998, 17/10/1999, 23/09/2008 e 13/01/2009 (Figura 18 a, b, c e d) no município de São João do Cariri, verificam-se uma vegetação arbustiva aberta e solos expostos em várias áreas. As áreas de relevo mais plano são mais explorados e a baixa fertilidade dificulta o desenvolvimento da cobertura vegetal, predominando uma vegetação rala + solo exposto. No ano de 1998 (Figura 18 a), a presença de uma vegetação rala + solos expostos, pois, foi um ano com baixos volumes pluviométricos (124,8 mm), sendo o mês de agosto o último mês com precipitação (38 mm), o maior valor registrado em todo o ano. Nos demais anos (Figura 18 b, c e d) é notório que o comportamento da vegetação altera, se apresentando de forma mais exuberante, como em 2008, por exemplo, ano muito chuvoso na região, com 796,3 mm, um aumento em relação à média de 53%.

É visível que na parte Sul do município ao longo desses anos, ainda existe uma considerável vegetação preservada no local. No entanto, na parte Norte - Noroeste a região se apresenta mais devastada, isso ocorre devido à evolução da retirada da vegetação nas proximidades dos rios, principalmente do rio Taperoá, além de práticas de agricultura intensas, que intensificam o processo de retirada da vegetação (Figura 18 a,b,c e d)

Figura 18 - Composição multiespectral ajustada para o município de São João do Cariri: em (a) para o ano de 1998, (b) para o ano de 1999, (c) para o ano de 2008 e em (d) para o ano de 2009.

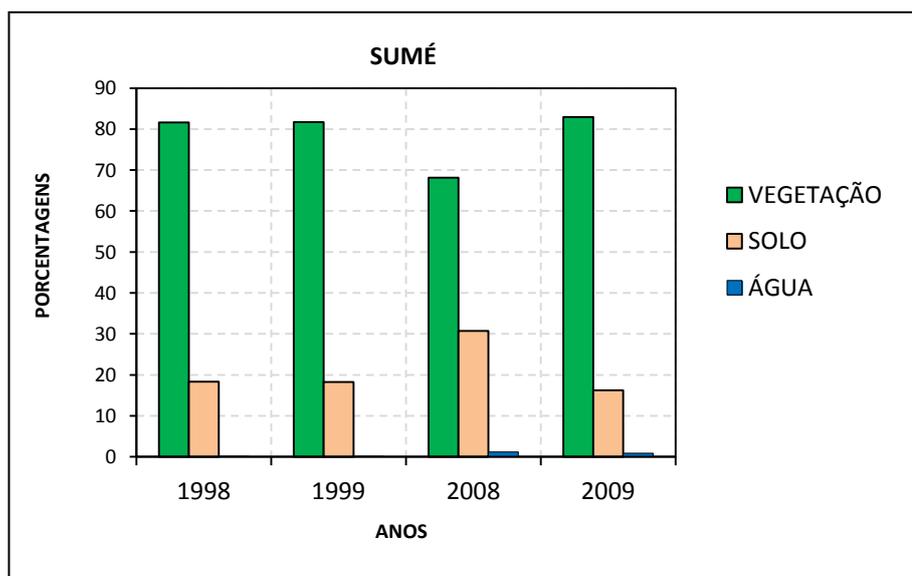


Fonte: A autora, 2016.

Após a fotointerpretação visual das CMA's, as imagens IVDN foram classificadas e mapeadas no SPRING para os anos de 1998 (a), 1999 (b), 2008 (c) e 2009 (d). Como esse trabalho não tem como objetivo fazer uma quantificação mais acurada das classes, não foi feito um refinamento das mesmas, para que fosse possível eliminar erros de comissão ou/de omissão, podendo assim, haver certa diferença entre as imagens classificadas e as composições multiespectrais ajustadas. Analisando a distribuição espacial dos mapas de cobertura vegetal, percebe-se que para a região de Sumé (Figura 19 a, b, c e d) a vegetação apresenta-se de forma bem distribuída no espaço. Enfatizando a Figura 19 c que, apresenta na parte sudeste uma quantidade maior de solos expostos.

Em termos comparativos, verifica-se que nos anos de 1998 e 1999 para o município de Sumé, a cobertura vegetal no total representa 82% de ocupação. Os solos expostos ou com cobertura muito rala, somados às áreas de solos agrícolas preparados para o plantio, representaram 18% de ocupação em toda a área. Enquanto a água representa 0,01% (1998) e 0,04% (1999) equivalente a 0,086 km² e 0,299 km² de espelho d'água (Figura 19). É importante dizer que o efeito do mega evento El Niño nos anos de 1997/1998 foi o que mais afetou o município, com médias pluviométricas bem abaixo da média climatológica.

Figura 19 - Porcentagens dos alvos terrestres para Sumé.

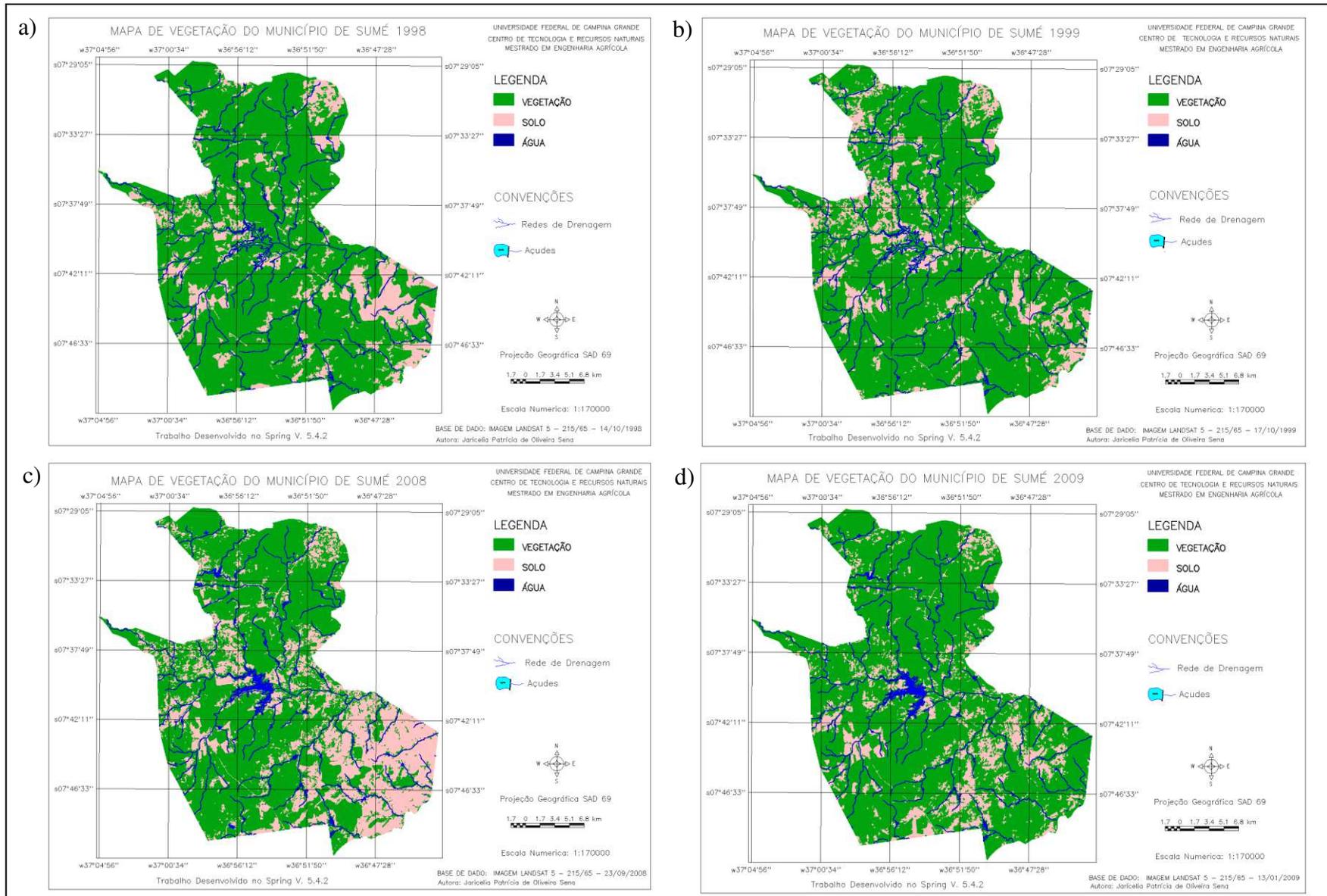


Fonte: A autora, 2016.

Comparando os anos de 2008 e 2009, nota-se que a área da cobertura vegetal com relação ao ano de 2008 teve uma redução em relação aos outros anos, com 68% de cobertura vegetal, conseqüentemente, houve um aumento na quantidade de solos expostos, 31% de ocupação, enquanto a água representa 1,19% o que equivale a 9,95 km² de espelho d'água, comparando aos demais anos apresenta um aumento (Figura 19).

É perceptível na Figura 19 que o ano de 2009 apresentou maior quantidade de cobertura vegetal, representando no total 83% de ocupação e 16% de solos expostos, enquanto a água representa 0,82%. Observa-se na distribuição espacial da Figura 20 (d) que a parte sudeste da região está mais conservada, comparando com a Figura 20 (c) do ano de 2008. Uma explicação plausível seria a influência dos oceanos, tendo em vista que, o ano de 2008/2009 foi ano de La Niña e GRADM negativo, o que acabou favorecendo a precipitação na região.

Figura 20 - Mapa de cobertura vegetal para o município de Sumé em (a) para a data de 14 de outubro de 1998, (b) para a data 17 de outubro de 1999, (c) para a data 23 de setembro de 2008 e em (d) para a data de 13 de janeiro de 2009.

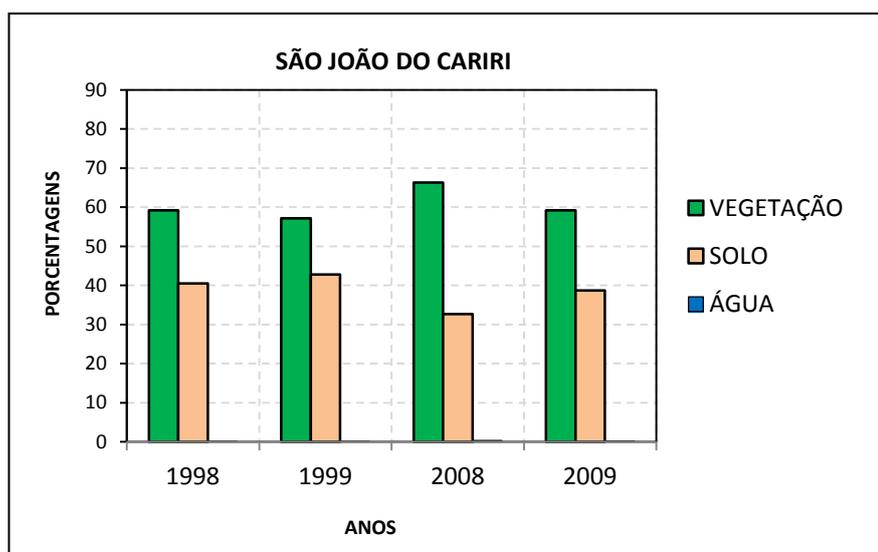


Analisando o município de São João do Cariri é nítida na distribuição espacial a presença de manchas de solos expostos, essa expansão ocorreu principalmente nas direções norte – noroeste (Figura 22 a, b, c e d), que são áreas próximas aos rios, o que contribui para o adensamento populacional e exploração dos recursos naturais.

Em termos comparativos percebe-se que, a porcentagem de cobertura vegetal para os quatros anos em estudo oscila de 57% a 66%, sendo o ano de 2008 o que apresentou um pouco mais de vegetação em relação aos demais, totalizando 66% de ocupação, equivalente a uma área de 434,09 km² (Figura 21). É perceptível no mapa de cobertura vegetal (Figura 22 c), na parte norte - oeste da região mais cobertura vegetal em relação aos outros anos.

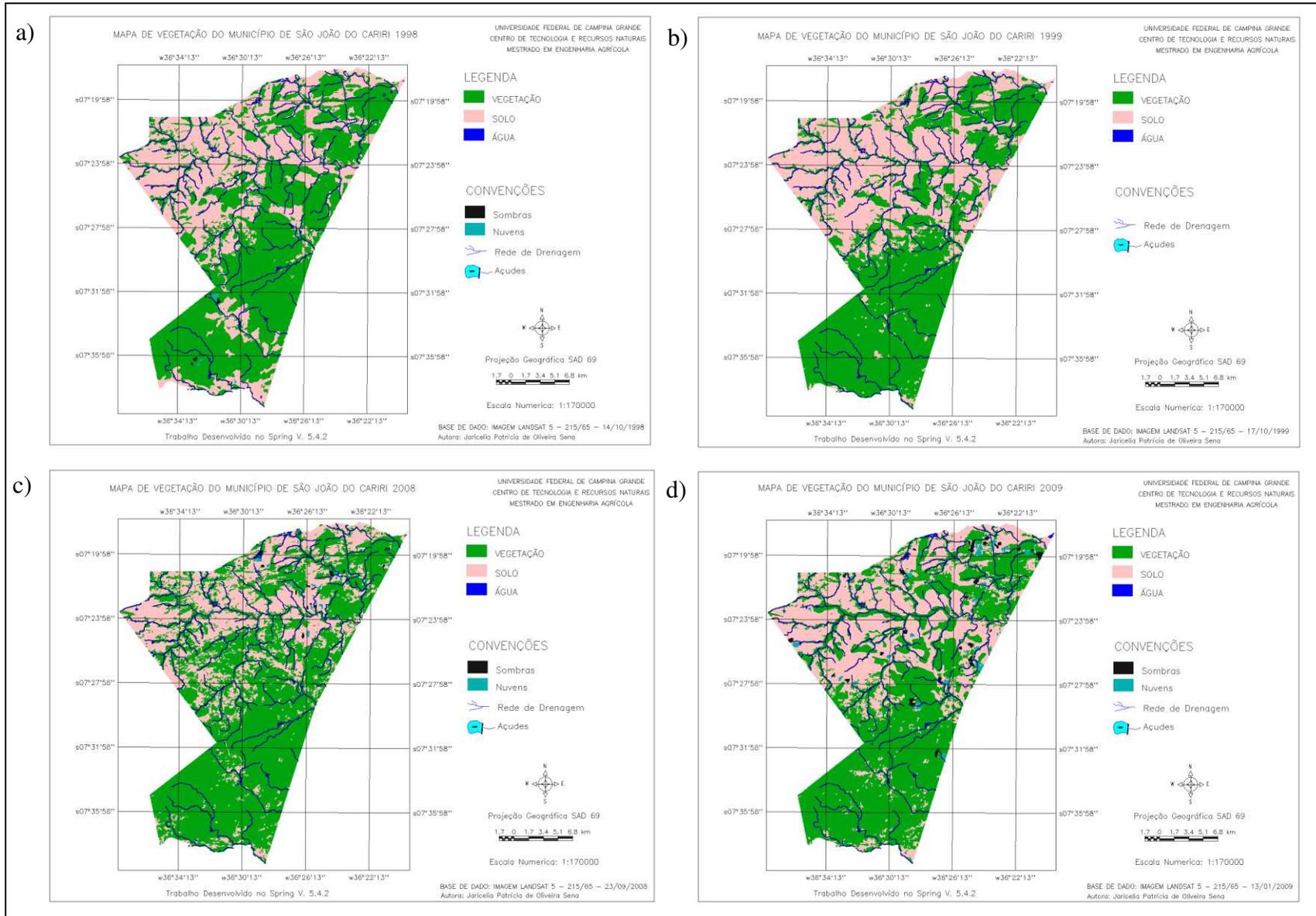
Constata-se que os solos expostos ou com cobertura muito rala, somados às áreas de solos agrícolas limpos para o plantio variaram de 43% a 33% de ocupação (Figura 21). Verifica-se na distribuição espacial (Figura 22 b) no ano de 1999 que, as áreas de manchas de solos expostos ou de vegetação rala aumentaram, apresentando 43% de solos expostos, equivalente a 280,07 km². Possivelmente, este fato está ligado ao efeito do mega evento El Niño 1997/1999 sobre a vegetação e o meio ambiente como um todo.

Figura 21 - Porcentagens dos alvos terrestres para São João do Cariri.



Fonte: A autora, 2016.

Figura 22 - Mapa de cobertura vegetal para o município de São João do Cariri em (a) para a data de 14 de outubro de 1998, (b) para a data 17 de outubro de 1999, (c) para a data 23 de setembro de 2008 e em (d) para a data de 13 de janeiro de 2009.



7. CONCLUSÕES

A falta de políticas públicas de convivência com o clima semiárido, juntamente com a ausência de uma infraestrutura que atenuie os efeitos das estiagens, colaboram para o aumento de impactos socioeconômicos negativos na região do Cariri paraibano, sendo ainda mais intensos em anos com baixos índices pluviométricos, que ocorre principalmente em períodos de eventos ENOS intensos (categoria forte).

Em relação à distribuição temporal e espacial da precipitação pluviométrica, foi percebido que, a distribuição pluviométrica se comporta de forma heterogênea, variando de leste-oeste, com valores entre 360 a 560 mm. Os menores índices pluviométricos anuais encontram-se na parte leste da região (Cariri Oriental) e os maiores na parte oeste (Cariri Ocidental). Constatou-se que os maiores índices pluviométricos mensais concentram-se nos cinco primeiros meses do ano, com uma contribuição de 76,57% da precipitação anual, enquanto, os menores índices nos meses de setembro a novembro.

Para todos os métodos aplicados para a identificação dos extremos secos e chuvosos mostraram simplicidade na realização e resultados satisfatórios. A padronização para cada região em estudo apresentou uma alta variabilidade de períodos de chuvas, acima e abaixo da média, dos 21 anos em análise 76% (16 anos) para o Cariri Ocidental e 62% (13 anos) para o Cariri Oriental, foram considerados normais, pois estavam entre os desvios padrões de ± 1 , ou seja, estão dentro das características ou valores esperados. Foi verificada influência dos oceanos Pacífico e Atlântico para os anos com maiores e menores índices de pluviometria.

Apoiando – se na técnica dos quantis, apesar da região apresentar baixos índices pluviométricos e sofrer com as consequências das secas, observou-se que, dentre os anos estudados de 1995 a 2015, não foi identificada maior frequência de anos secos. As classes que abrangem as categorias que, precipita abaixo da normal (extremamente seco, muito seco e seco) são iguais para os dois municípios, correspondendo a um total de 34% de toda a série de precipitação estudada. Para as categorias extremamente chuvoso, muito chuvoso, chuvoso, notou-se uma sutil variação, na qual, para o município de Sumé apresenta 34%, e para São João do Cariri com 39%. Verificou-se que nesse período os oceanos Pacífico e Atlântico estavam em condições favoráveis, contribuindo com a precipitação da região.

Para os anos de eventos secos selecionados (1998 e 1999), devido aos baixos índices de precipitação pluviométrica, as consequências foram sentidas nas baixas

produtividades dos cultivos e rebanhos. Os efeitos do mega evento El Niño (1997/1998), na região do Cariri paraibano foi catastrófico, levando a nível zero a produção de milho e feijão, desestabilizando a economia da região semiárida. Para os anos de eventos chuvosos (2008 e 2009), a produção agrícola foi de 100% nos dois municípios, e o efetivo dos rebanhos apresentou um aumento no número de cabeças, com exceção dos suínos, no município de Sumé no ano de 2009, que exibiu uma pequena diminuição. O tratamento digital de imagens utilizado permite o estudo dos recursos naturais, mostrando – se bastante eficaz na identificação dos alvos terrestres (vegetação, solo e água).

Para o município de Sumé percebeu-se que na distribuição espacial das imagens, a cobertura vegetal se apresentou de forma bem distribuída no espaço, nos anos de 1998 (82%), 1999 (82%) e 2009 (83%), apenas o ano de 2008 que indicou uma redução na cobertura vegetal, com 68% de ocupação e 31% de solos expostos. Enquanto o equivalente ao espelho de água são em 1998 (0,01%), 1999 (0,04%), 2008 (1,19%) e 2009 (0,82%). O município de São João do Cariri a porcentagem da cobertura vegetal para os quatros anos em estudo oscilou de 57% a 66%, e os solos expostos ou com cobertura muito rala, somados às áreas de solos agrícolas limpos para o plantio, variaram de 43% a 33% de ocupação. O ano de 1999 foi o que apresentou maior quantidade de manchas de solos expostos ou de vegetação rala, com 43% de ocupação. Possivelmente, este fato está ligado ao efeito do mega evento, El Niño de 1997/1999, sobre a vegetação e o meio ambiente.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA, 2016. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaUltimosVolumesPorMunicipio>>. Acesso em 17 jan. 2017.

AGRO OLHAR, 2015. Disponível em: <<http://www.olhardireto.com.br/agro/noticias/exibir.asp?noticia=seca-dificulta-cada-vez-mais-a-vida-dos-agricultores-sertanejos-da-paraiba&edt=9&id=19274>>. Acesso em 19 dez.2016.

ALENCAR, M. L. S. de. **El Niño de 1997/1998: sistemas hídricos, degradação ambiental e vulnerabilidades socioeconômica no cariri paraibano**. 2004. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

ALMEIDA, H. A. de; FREITAS, R. C.; SILVA, L. da. Determinação de períodos secos e chuvosos em dias microrregiões da Paraíba através da Técnica dos Quantis. **Revista de Geografia (UFPE)**, [s.l.], v. 30, n. 1, p. 217-232, 2013.

ALMEIDA, H. A. de; SILVA, L. da. Determinação das características hídricas da microbacia de drenagem da barragem Vaca Brava. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 77-86, 2008.

ALMEIDA, I. R. de. **O clima como um dos fatores de expansão da cultura da soja no Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso**. 2005. 119 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; FARIAS, A. A. Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, [s.l.], v.08, n. 06, p. 1601-1614, 2012.

ALVES, J. M. B.; FERREIRA, F. F.; CAMPOS, J.N.B.; FILHO, F.A.S.; SOUZA, E.B.; DURAN, B.J.; SERVAIN, J.; STUDART, T. M. C. Mecanismos atmosféricos associados à ocorrência de precipitação intensa sobre o nordeste do Brasil durante janeiro/2004. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 21, n. 1, p. 56-76, 2006.

ALVES, J. M. B.; CAMPOS, J.N.B.; SOUZA, E.B.; REPELLI, C. A. Produção agrícola de subsistência no estado do Ceará com ênfase aos anos de ocorrência de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 249-56, 1998.

ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira Meteorologia**, [s.l.], v. 7, n. 2, p. 583-92, 1992.

ARAGUÃO, J. O. R. 'Fatos sobre o fenômeno de El Niño e sua relação com as secas no Nordeste do Brasil'. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 2-8, mar. 1990.

- ARANOFF, S. **Remote sensing for GIS managers**. 1. ed. California: ESRI Press, 2005. 524 p.
- ARAÚJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A.P.; PARENTES, H. N.; ÉDER-SILVA, E. Uso de espécies da Caatinga na alimentação de rebanhos no município de São João do Cariri – PB. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 20, n. 20, p. 157-171, dez. 2010.
- ARAÚJO, L. E.; SILVA, D.F.; SANTOS, M.J.; SOUSA, F.A.S. Avaliação da precipitação do Cariri paraibano utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista Principia: Divulgação Científica e Tecnológica do CEFET-PB**, João Pessoa, v. 12, n. 17, p. 30-35, 2008.
- ARAÚJO, P. H. C. **Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões Nordeste e Sul do Brasil**. 2012. 45 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Ed. DIFEL, 1986.
- BARBOSA, J. P. M. Estudo sobre a evolução dos eventos extremos de precipitação no setor paulista da serra do mar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais...** . São Paulo: ABRH, 2007. p. 1-21.
- BARBOSA, T. F.; CORREIA, M. F. Sistemas convectivos de mesoescala e precipitação intensa no semi-árido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: SBMET, 2004.
- BERLATO, M.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul: aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 110 p.
- BISSO, A. B. A.; CARPENEDO, C. B.; FONSECA, E. L. AQUINO, F. E. Análise da variação da resposta espectral da vegetação do bioma Pampa, frente às variações da fenologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** . Belo Horizonte: SB Agro, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **I. Levantamento exploratório - reconhecimento de solo do estado da Paraíba; II. Interpretação para uso agrícola dos solos do estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: MA/SUDENE, 1972, bt.15. 670p.
- BUFFON, E. A. M.; BINDA, A. L. Variabilidade do regime pluvial em Abelardo Luz (SC) no período de 1958 a 2008: interações entre mecanismos de teleconexão decadal e interanual. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s.l.], v. 13, p. 285-297, 2013.
- CALVETTI, L.; BENETI, C.; ANTUNES, R. L.; OLIVEIRA, A. C. Validação de estimativas de precipitação por radar e satélite: análise de relações ZR e integração com

pluviômetros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...** . Campo Grande: ABRH, 2009, p. 1-14.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, C. B.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: SBC/Escola de Computação, 1996.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; J. SPRING. Integrating remoto and GIS by object - oriented data modeling. **Computers & Graphics**, [s.l.], v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. **Tempo e clima no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CHU, P. S. Time and space variability of rainfall and surface circulation in the northeast Brazil – tropical Atlantic sector. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 62, n. 2, p. 363-370, 1984.

COAN, B. de P.; BACK, A. J.; BONETTI, A. V. Precipitação mensal e anual provável no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s.l.], v. 15, p. 122-142, abr. 2015.

COELHO, C. A. dos S. **Anomalias de precipitação sobre a América do Sul e sua relação com a temperatura de superfície do mar dos oceanos pacífico e atlântico durante períodos de extremos de El Niño-Oscilação Sul**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Orgs). **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: EDUEM, 2005, p. 17-28.

COSTA, B.S.C.; KUPLICH, T. M. Análise da dinâmica campestre em série temporal de índice de vegetação e dados meteorológicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** . Curitiba: INPE, 2011. p. 5638-5645.

CPC – Climate Prediction Center. Disponível em: < <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>>. Acesso em 15 de jan de 2017.

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e estudo Climáticos. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 22 de dez. 2016.

CUNHA, G. R. **Meteorologia: fatos e mitos**. 1. ed. Passo Fundo: EMBRAPA – CNPT, 1997. 268 p.

CLIMERH. Anomalias La Niña 2002. <www.climerh.rct-sc.br/nino>. In: MORAES NETO, J. M. **Gestão de riscos a desastres ENOS (El Niño Oscilação Sul) no semi-árido paraibano: uma análise comparativa**. 2003. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

Da SILVA, D. F.; GALVÍNIO, J. D. Influência das escalas interanuais e decadais sobre a precipitação do Submédio São Francisco. In: Galvínio, J. D.; Da Silva, D.F.; Nóbrega, R. S.. (Org.). *Mudanças Climáticas e recursos hídricos: aplicações no estado de Pernambuco*. 1 ed. Recife: UFPE, 2010, v. 1, p. 27-55.

DAUGHTRY, C. S. T.; WALTHALL, C. L.; KIM, M. S.; BROWN DE COLSTOUN, E.; MCMURTREY III, J.E. Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. **Remote Sensing of Environment**, [s.l.], v. 74, n. 2, p. 229-239, 2000.

DINIZ, F. de A. **Distribuição espaço-temporal de chuvas extremas no estado da Paraíba**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

DOURADO NETO, D.; ASSIS, J. P.; TIMM, L. C.; MANFRON, P. A.; SPAROVEK, G.; MARTIN, T. N. Ajustes de modelos de distribuição de probabilidade a séries históricas de precipitação pluvial diária em Piracicaba-SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, [s.l.], v. 13, n. 2, p. 273-283, 2005.

FARIAS, R. F. de L.; ALVES, K. M. A. da S.; NÓBREGA, R. S. Climatologia de ocorrência de eventos extremos de precipitação na mesorregião do sertão pernambucano. **Revista Geonorte**, [s.l.], v. 1, n. 5, p. 930-941, 2012.

FEITOSA, J. R. P.; COSTA FILHO, J. F. da; SILVA, B. B. da. Avaliação de índices de vegetação em área irrigada do sub-médio São Francisco, Petrolina-PE, a partir de imagens do satélite LANDSAT 5-TM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 18., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBMET, 2004.

FERREIRA NETO, J. V. **Regiões climatologicamente homogêneas do estado de Alagoas com base na análise espaço-temporal da pluviometria**. 2001. 215 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

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**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FERREIRA, A. M. **Estudo espaço temporal da degradação e usos das terras da bacia hidrográfica do rio Bodocongó**. 2014. 163 f. Tese (Doutorado) - Curso de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

FONSECA, E. L. da; FORMAGGIO, A. R.; PONZONI, F. J. Estimativa da disponibilidade de forragem do bioma Campos Sulinos a partir de dados radiométricos orbitais: parametrização do submodelo espectral. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1668-1674, dez. 2007.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 2010. 122f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Manejo de Solo e Água, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M. **Modelo de mapeamento da degradação do bioma Caatinga da bacia hidrográfica do rio Taperoá, PB**. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

FREIRE, N. C. F.; PACHECO, A. da P. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** . Goiânia: INPE, 2005.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2006. **Informações sobre La Niña**. Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2016/08/18/noticiasjornalcotidiano,3649204/la-nina-nao-deve-influenciar-chuvas-no-ceara-em-2017-diz-funceme.shtml>>. Acesso em: 17 jan. 2017.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. de; ALVES, R. R. Variabilidade e tendência das precipitações no litoral sul de São Paulo. **Revista Geonorte**, [s.l.], v. 1, n. 5, p. 1163-1176, 2012.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 10., 2005, [s.l.]. **Anais...** . São Paulo: USP, 2005. p. 5701-5710.

GARCÍA DANA, F.; FONT, R.; RIVERA, A.; PEINADO, A.; ALMARZA, C.; GÓMEZ, E. . **Situación atmosférica causante de lluvias torrenciales durante los días 19 al 21 de octubre de 1982, en el levante español**. Madrid: INM, 1982.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Orgs.). **Clima Urbano**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 2003. 192 p.

GONÇALVES, R. P.; ASSIS, L. C.; MAROTTA, G. S.; ANDRADE, R. J. O. Comparação entre métodos de classificação supervisionada - classificação digital de imagens. In: ENCONTRO DE UTILIZADORES DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 9., 2006, Lisboa. **Anais...** . Lisboa: 2006.

HANLEY, D. E.; BOURASSA, M. A.; O'BRIEN, J. J.; SMITH, S. R.; SPADE, E. R. A quantitative evaluation of ENSO indices. **Journal of Climate**, v. 16, n. 8, p. 1249-1258, 2003.

HASTENRATH, S. Diagnostic and prediction of anomalous river discharge in Northern South America, **Journal of Climate**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 1080-1096, 1990.

HASTENRATH, S. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. **Monthly Weather Review**, [s.l.], v. 112, p. 1097-1107, 1984.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, [s.l.], v. 103, p. 77-92, 1977.

HUETE, A. R. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, [s.l.], v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Disponível em: < <http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=11>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Disponível em: <<http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=73>>. Acesso em: 20 de dez. 2016

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: The physical basis. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L.(Ed.). Contribution of working group i to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

JACÓBSEN, L. O.; FONTANA, D. C.; SHIMABUKURO, Y. E. Alterações na vegetação em macrozonas do Rio Grande do Sul associados a eventos El Niño e La Niña, usando imagens NOAA. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 361-374, 2003.

JACÓBSEN, L. O.; FONTANA, D. C.; SHIMABUKURO, Y. E. Efeitos associados a El Niño e La Niña na vegetação do Estado do Rio Grande do Sul, observados através do NDVI/NOAA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 19, n. 1, p. 129-140, 2004.

JONG, S. M.; MEER, F. D. V. **Remote sensing image analysis**. Kluwer Academics, 2006. 359 p.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: Jonh Wiley & Sons, 1994.

LIMA, R. da C. C. **Avaliação do processo de desertificação no semiárido paraibano utilizando geotecnologias**. 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2010.

LIMEIRA, R. C. **Variabilidade e tendência das chuvas no estado da Paraíba**. 2008. 114f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

LOUREIRO, R. S. de; SARAIVA, J. M.; SARAIVA, I.; SENNA, R. C.; FREDO, A. S. Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no estado do Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 29, n. esp., p. 83-94, dez. 2014.

LU, D.; BATTISTELLA, M.; MORAN, E. Satellite estimation of aboveground biomass and impacts of forest stand structure. **Photogrammetric Engineering And Remote Sensing**, [s.l.], v. 71, n. 8, p. 967-974, 2005.

LUCENA, D. B. **Impacto dos oceanos pacífico e atlântico no clima do nordeste do Brasil**. 2008. 225 f. Tese (Doutorado) - Curso de Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

LUCENA, D. B.; GOMES FILHO, M. F.; SERVAIN, J. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos oceanos pacífico e atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 297-312, jun. 2011.

MALDONADO, F. D. Rotação espectral controlada como alternativa em análise por componentes principais para detecção de mudanças em regiões do semi-árido. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** . Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 627-630.

MARACAJÁ, N. de F. **Vulnerabilidades: a construção social da desertificação no município de São João do Cariri-PB**. 2007. 121f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

MARENCO, J. A.; SILVA DIAS, P. L. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDIZI, J. G. **Águas doces no Brasil** - capital ecológico, usos múltiplos, exploração racional e conservação. São Paulo: IEA/USP, 2002.

MARENCO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA; F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; PAZ, V. P. da S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011. p. 383-422.

MARENCO, J. A.; CUNHA, A.P.; ALVES, L.M. “A seca de 2012 -15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico” (2016). Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/marengoetal.pdf>>. Acesso em 10 jan. 2017.

MATOS, F. D. de A.; SILVA, K. E. da. Detecção de mudanças na cobertura vegetal na cidade de Manaus e seu entorno. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** . Goiânia: INPE, 2005. p. 609-616.

MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido**. Fortaleza: SEMACE, 1997, 108.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MENESES, P. R. Princípios do sensoriamento remoto. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de (Org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012. Cap. 1. p. 1-33. Disponível em: <<http://cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 03 jan. 2017.

MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. da S. **Sensoriamento remoto**: reflectância dos alvos naturais. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

MENEZES, H. E. A. **Um estudo da zona de convergência do atlântico sul**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

MIRANDA, R. A. C. de; OLIVEIRA, M. V. S. de; SILVA, D. F. da. Ciclo hidrológico planetário: abordagens e conceitos. **Geo UERJ**, [s.l.], v. 1, n. 21, 2010.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do pacífico. **Revista Climanalise**, São José dos Campos, v. 3, n. 1, p. 1-5, ago. 2005.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s.l.], v. 3, p. 7-24, ago. 2008.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. de O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. de O. **Dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro**. 2000. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-7ea5f627d14a9f9a88cc694cf707236f.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

MONTEIRO, C. A. de F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: UFSC, 1991. 241 p.

MORAES NETO, J. M. **Gestão de riscos a desastres ENOS (El Niño Oscilação Sul) no semi-árido paraibano**: uma análise comparativa. 2003. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

MORAES, M. C. da S. **Distribuição de gotas de chuva e a relação Z-R para radar na costa leste do Nordeste do Brasil**. 2003. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2003.

MORAIS, L. G. B. de L.; FRANCISCO, P. R. M.; MELO, J. A. B. Análise da cobertura vegetal das terras de região semiárida com o uso de geotecnologias. **Polêmica – Revista Eletrônica**, [s.l.], v. 13, n. 3, 2014.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2004. 307 p.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, [s.l.], v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981.

NASCIMENTO, S. S. do. **A problemática da desertificação: um estudo de caso na mesorregião da Borborema – Paraíba**. 2010. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Centro de Humanidades Osmar de Aquino, Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2010.

NASCIMENTO, S. S. do; ALVES, J. J. A. Ecoclimatologia do Cariri Paraibano. **Revista Geográfica Acadêmica**, [s.l.], v. 2, n. 3, p. 28-41, 2008.

NOBRE, P.; J. SHUKLA. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, [s.l.], v. 9, p. 2464-2479, 1996.

NÓBREGA, R. S.; ARAÚJO, J. A. P. de; PAIVA NETO, A. C. de; SOUSA MELO, E. C. de; SOARES, D. B; SARAIVA, F. A. M.; SOUZA, W. M. de. O fenômeno El Niño e a influência conjunta do Dipolo do Atlântico no Estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** . Rio de Janeiro: SBMET, 2000.

PACHECO. A. P; FREIRE, N. C. F; BORGES, U. da N. Uma contribuição do sensoriamento remoto para detecção de áreas degradadas na caatinga brasileira. **Boletim Goiano de Geografia**, [s.l.], v. 26, n. 1, p. 49-68, jan./jun. 2006.

PARAÍBA. **Proposta de instituição do comitê da bacia hidrográfica do rio Paraíba, conforme resolução nº 1, de 31 de agosto de 2003, do conselho estadual de recursos hídricos do estado da Paraíba**. 2004.

PEREIRA, D. D. **Plantas, prosa e poesia do semi-árido**. Campina Grande: Edufeg, 2005. 217 p.

PEREIRA, V. da C.; SOBRINHO, J. E.; OLIVEIRA, A. D.; MELO, T. K.; VIEIRA, R. Y. M. Influência dos eventos El Niño e La Niña na precipitação pluviométrica de Mossoró-RN. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-13, 2011.

PHILANDER, S. **El Niño, La Niña and the southern oscillation**. San Diego: Academic Press, 1991.

PINHEIRO, L. A. F. V. **Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <http://pt.shvoong.com/exactsciences/earthsciences/1100035-sensoriamento-remoto/>. Shvoong Publicado maio de 2007. In: ARAUJO, I. R.; SILVA, H.P.; LOPES, A.S.; ALENCAR, B.P.B.; SILVA, H.D.B. Cálculo de NDVI no suporte ao estudo de desertificação no município de Orocó – PE. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação. **Anais...** Recife – PE, 2010. P. 001-006.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area**. Boulder: Colorado State University, 1966.

PINTO, J. E. S. de S.; AGUIAR NETO, A. de O. Climatologia aplicada: escalas do clima. In: PINTO, J. E. S. de S.; AGUIAR NETO, A. de O. **Clima, geografia e agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar**. São Cristóvão: UFS, 2008, p. 157-172.

PINTO, S. A. F. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica**. 134f. 1991. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia Física, Universidade de São Paulo, São José dos Campos, 1991.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: INPE, 2010.

QUEIROZ, J. E. R. de; BARROS, M. A. de. **Técnicas e análise digital de imagem multiespectrais**. Programa de Suporte Técnico à Gestão de Recursos Hídricos - ABEAS. Curso de Sensoriamento Remoto e SIG. Brasília, Módulo 8, 1996.

RAFAEL, R. R. **Sumé que eu trago na memória**. João Pessoa: Imprima Editora, 2003.

RAIMUNDO, C. C.; TOLEDO FILHO, M. R.; MELO, M. L.; CARNAÚBA, F. Uso do box plot na detecção dos valores extremos mensais de precipitação na região da Bacia do Rio Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **Anais...** Belém: SBMET, 2010.

RAMIS, C.; ROMERO, R. A first numerical simulation of the development and structure of the sea breeze on the Island of Mallorca. **Annales Geophysicae**, [s.l.], v. 13, n. 9, p. 981-994, set. 1995.

RAMOS, Y. S.; RIBEIRO, G. do N.; ALCÂNTARA, H. M. de. Eventos de extremos mensais da precipitação na cidade do Recife/PE (1961 – 2010). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 5, p. 59-66, jan-dez, 2012.

ROBSON, A.; CHIEW, F. Detecting changes in extremes. In: KUNDZEWICZ, Z. W.; ROBSON, A. (Ed.). **World Climate Program: water, detecting trend and other change hydrological data**. Geneva: WMO - WCDMP-45, 2000. Cap. 6. p. 86-89.

RODRIGUES, C. C. B. **Variabilidade da precipitação em Mato Grosso do Sul e a relação com índices oceânicos**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, [s.l.], v. 115, p. 1606-1626, 1987.

SALVADOR, M. de A. Chuvas extremas em Alagoas durante janeiro de 2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: SBMET, 2004.

SANT' ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica a geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, [s.l.], v. 4, n. 4, p. 61-88, 2008.

SANTOS, E.; MATOS, H.; ALVARENGA, J.; SALES, M.C.L. A Seca no Nordeste no ano de 2012: Relatos sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-CE. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.819-830, 2012.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 22, n. 3, p. 303-312, 2007.

SANTOS, C.A.C. **Estimativas e tendências de índices de detecção de mudanças climáticas com base na precipitação diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba**. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

SAREWITZ, D.; PIELKE, J. R. Extreme Events: A Research and Policy Framework for Disaster in Context. **International Geology Review**, v. 43, n. 5, p. 406-418, 2001.

SCHNEIDER, H.; SILVA, C. A. da. O uso do modelo box plot na identificação de anos-padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, [s.l.], v. 27. p. 131-146, 2014.

SENA, J. P. O.; MELO, J. S.; LUCENA, D. B.; MELO, E. C. S. Comparação entre dados de chuva derivados do Climate Prediction Center e observados para a região do cariri paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**. [s.l.], v. 2, p. 412-420, 2012.

SENA, J.P.O.; MELO, J.S.; LUCENA, D.B.; MELO, E.C.S. Caracterização da precipitação na microrregião do Cariri Paraibano por meio da Técnica dos Quantis. **Revista Brasileira de Geografia Física**. [s.l.], v. 7. p. n. 5 871-879, 2014.

SENTELHAS, P. C., PEREIRA, A. R., ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia Agrícola**, 3. ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 172 p.

SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. **Journal of Geophysical Research**, [s.l.], v. 96, n. 8, p. 15137-15146, 1991.

SERVAIN, J.; WAINER, I.; AYINA, H. L.; ROQUET, H. Relationship between the simulated climatic variability modes of the tropical Atlantic, **International Journal of Climatolol**, [s.l.], v. 20, n. 9, p. 939-953, 2000.

SHIMABUKURO, Y. E.; NOVO, E. M.; PONZONI, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. esp., p. 1729-1737, out. 1998.

SILVA DIAS, P. L.; MARENGO, J. A. Águas atmosféricas. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDIZI, J. G. **Águas doces no Brasil** - capital ecológico, usos múltiplos, exploração racional e conservação. São Paulo: IEA/USP, 2002. p. 65-116.

SILVA NETO, A. F. da. **Estudo das vulnerabilidades agro-ambientais frente aos eventos enos e a construção social dos riscos em municípios do cariri ocidental - Paraíba**: uma análise comparativa. 2004. 206 f. Tese (Doutorado) - Curso de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

SILVA, G. J. F. da. **Estimativa de indicadores biofísicos para avaliação do processo de desertificação no município de São João do Cariri- PB**. 2014. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SILVA, F. D. dos S.; BRITO, J. I. B. de; PONTES, A. de L. Análise das máximas chuvas ocorridas na bacia do rio Gramame - litoral sul da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: SBMET, 2004.

SILVA, V. P. R.; SARAIVA, F. A. M., MELO, E. C. S.; ARAUJO, J. A. P.; CORREIA, A.M. Influência do fenômeno El Niño e dipolo do atlântico no regime de chuvas do estado da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., e REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: SB Agro, 1999.

SIVAKUMAR, M.V. K.; GOMMES, R.; BAIER, W. Agrometeorology and sustainable agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 103, p. 11-26, 2000.

SOUSA, L. G. **Economia, política e sociedade**: a economia no semiárido. Campina Grande: Editora eletrônica, 2006. 209 p. **Disponível em**: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/lgs-eps/4i.htm> Acesso em: 30 abr. 2012.

SOUSA, P. de. **Estudo da variabilidade da precipitação no estado do Paraná associado à anomalia da TSM no oceano pacífico**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SOUSA, R. F. de. **Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semi-árido paraibano**. 2007. 180 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; TERCEIRO NETO, C. P. C.; CARVALHO, A. P.; LIMA, A. N. Uso de geotecnologias no diagnóstico da degradação das terras do município de São João do Cariri - PB. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 204-210, 2008.

SOUZA, B. I. de. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. 2008. 198 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SOUZA, L. D.; SILVA, J. T. ; TEIXEIRA, M. S. Identificação de meses chuvosos no estado do Rio Grande do Sul entre 1980-2009. In: ENCONTRO SUL-BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 4., 2011, Pelotas. **Anais...** . Pelotas: SBMET, 2011.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. **Bulletin American Meteorological Society**, [s.l.], v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.

TRENTIN, C. B. **Análise da resposta espectral da vegetação da área de proteção ambiental (APA) do Ibirapuitã em imagens do sensor EOS/MODIS associadas ao solo e aos elementos do clima**. 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

TRIOLA, M. F. Introdução à estatística. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 682 p.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. de M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a "visão mundial da água". **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**, [s.l.], v. 5, n. 3, p. 31-43, jul./set. 2000.

UNITED NATIONS. Text of the United Nations Convention to Combat Desertification. 2001.

VELOSO JUNIOR, J. F. **Mapeamento e análise das alterações do uso da terra e da cobertura vegetal na região da Serra de Teixeira, através de técnicas de Sensoriamento Remoto**. 2003. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Manejo de Solo e Água, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2003.

VICENS, R. S.; CRUZ, C. B. M.; RIZZINI, C. Utilização de técnicas de sensoriamento remoto na análise da cobertura vegetal da reserva florestal de Linhares, ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, São José dos Campos. **Anais...** . São José dos Campos: INPE, 1998. p. 1561-1572.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na região metropolitana de Campinas**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

WAINER, I. **O papel do oceano atlântico no clima**. Disponível em: http://oc2.io.usp.br/index.php?option=com_content;view=article;id=13:o-papel-do-oceano-atlantico-no-clima;catid=42:pesquisa;Itemid=30. Acesso: 15 jan. 2017.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. 2. ed. San Diego: Elsevier, 2006. 649 p.

WULDER, M. A.; WHITE, J. C.; FOURNIER, R. A.; LUTHER, J. E.; MAGNUSSEN, S. Spatially explicit large area biomass estimation: three approaches using forest inventory and remotely sensed imagery in a GIS. **Sensors**, [s.l.], v.8, n. 1, p. 529-560, 2008.

XAVIER, T. de M. B. S.; SILVA, J. F.; REBELLO, E. R. G. **A técnica dos Quantis e suas aplicações em meteorologia, climatologia e hidrologia, com ênfase para as regiões brasileiras**. Brasília: Thesaurus, 2002. 142 p.

XAVIER, T. de M. B. S.; XAVIER, A. F. S. In: XAVIER, T. de M. B. S.; XAVIER, A. F. S. **A técnica dos quantis e aplicações. Normais climáticas**. Ciclo de palestras sobre técnicas estatístico-estocásticas em hidroclimatologia e meteorologia geral, Módulo 3, p. 1-13, 2010.

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.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, M. A. F. S.; DIAS, P. L. S. Interrelações entre eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a chuva nas bacias hidrográficas do Ceará. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 8, p. 111-126, 2003.

ZANELLA, M. E. Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. de A. (Org.). **Litoral e sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expresso Gráfica, 2006. p. 195-207.

ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática**. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 212 p.