



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - UEPB
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
ESPECIALIZAÇÃO EM GEOAMBIÊNCIA E
RECURSOS HÍDRICOS DO SEMIÁRIDO

MAYSA PORTO FARIAS

**ÍNDICES DE SECA METEOROLÓGICA PARA A MICRORREGIÃO DE
PETROLINA, PE, E JUAZEIRO, BA.**

ORIENTADOR: Prof^o Dr. HERMES ALVES DE ALMEIDA

CAMPINA GRANDE-PB

DEZEMBRO/2014

MAYSA PORTO FARIAS

**ÍNDICES DE SECA METEOROLÓGICA PARA A MICRORREGIÃO DE PETROLINA,
PE, E JUAZEIRO, BA.**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito às exigências para obtenção do título de especialista em Geografia.

Orientador: Profº. Dr. Hermes Alves de Almeida

CAMPINA GRANDE – PB

2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

F224i Farias, Maysa Porto
Índices de seca meteorológica para a microrregião de Petrolina, PE e Juazeiro, BA [manuscrito] / Maysa Porto Farias. - 2014.
67 p. : il. color.

Digitado.
Monografia (Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2014.
"Orientação: Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida, Departamento de Geografia".

1. Clima 2. Seca Meteorológica 3. Variabilidade da Chuva
4. Microrregião do Nordeste I. Título.

21. ed. CDD 551.6

MAYSA PORTO FARIAS

**ÍNDICES DE SECA METEOROLÓGICA PARA A MICRORREGIÃO DE
PETROLINA, PE, E JUAZEIRO, BA.**

Aprovada em 11 de dezembro de 2014

BANCA EXAMINADORA

Hermes Alves de Almeida

Profº Drº Hermes Alves de Almeida- DG/UEPB

(Orientador)

João Damasceno

Profº Drº João Damasceno-DG/UEPB

(Examinador interno)

Cláudia Fernanda Costa Estevam Marinho

Ms. Cláudia Fernanda Costa Estevam Marinho- MDR/UEPB

(Examinadora Externa)

CAMPINA GRANDE-PB

DEZEMBRO - 2014

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, pois até aqui o Senhor me ajudou. Aos meus pais Marinaldo e Aparecida, aos meus irmãos pelo amor, apoio, cuidado e compreensão. Ao meu esposo Jalber pela paciência, incentivo e renúncias. Aos meus filhos Isaque e Davi que me induziram de forma involuntária a adquirir paciência e principalmente perseverança.

Aos meus amigos Jório, Crisólogo, Claudeam e Elis Regina que tanto me ajudaram. A todos os professores, pois todos contribuíram para o meu aprendizado, e principalmente Professora Marília e Professor João Damasceno, no qual insistiram e me convenceram para que eu cursasse esta especialização.

A Universidade Estadual da Paraíba, especialmente ao Departamento de Geografia. Ao meu professor, meu eterno mestre, **Dr. Hermes Alves de Almeida**, obrigada mais uma vez.

Dedico ao único e verdadeiro Deus ao qual tributamos
toda Honra, toda Glória, todo Louvor e toda Adoração,
pois sem ELE nada do que foi feito se fez.

RESUMO

FARIAS, Maysa Porto. **ÍNDICES DE SECA METEOROLÓGICA PARA A MICRORREGIÃO DE PETROLINA, PE, E JUAZEIRO, BA.** 2014. 67 p. Monografia do Curso de Especialização em GeoAmbiência– UEPB – CEDUC. Campina Grande, Paraíba.

A irregularidade na distribuição da chuva no semiárido nordestino tem sido um dos fatores limitantes ao desenvolvimento e à estabilização da produção agrícola. Diante disto, houve a necessidade de se estudar o regime hídrico da microrregião de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, utilizando-se os índices de seca meteorológica da Porcentagem Normal (IPN), de aridez de Martone (IAM), de Anomalia de Chuva (IAC), de chuva de Lang (ICL), o padronizado de precipitação modificado (SPIM) e o de Aridez de Thornthwaite (IAT), sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho. Foram utilizados dados mensais de precipitação pluvial, extraídos do site da Embrapa semiárido, correspondente o período de 1975 a 2013, sendo analisados mediante critérios e procedimentos da estatística climatológica e estabelecidos o regime pluvial, nas escalas mensal, sazonal, anual e decadal e calculados os índices de secas. Os principais resultados mostram que os modelos de distribuição de chuvas, para ambas as localidades, são irregulares, assimétricos e a estação chuvosa dura cerca de quatro meses (dez-mar), além de ser variável em quantidade, distribuição e duração. O período chuvoso, nas duas localidades, ocorre entre o verão e o outono e chove o 86,0 % do total anual, em Petrolina, e de e 91,0 %, em Juazeiro. A década de 90 foi a mais seca, em ambas as localidades, embora a mais chuvosa em Petrolina tenha ocorrido na de 80 e, em Juazeiro, na de 00. A variabilidade da média da precipitação pluvial, nas últimas três décadas, está dentro do intervalo de dispersão da média e, portanto, não há indícios de mudança no regime pluvial. A variabilidade temporal das séries de precipitação indica que meses ou anos extremamente secos podem ser precedidos e/ou seguidos por períodos úmidos ou normais e vice-versa. A maioria dos índices de secas se mostrou bom indicador para diagnosticar o tipo de seca e/ou variabilidade da chuva, embora a nomenclatura da categoria/tipo de seca seja específica de cada método. Os índices de chuva de Lang e o de aridez de Thornthwaite não expressaram adequadamente as condições do regime pluvial e/ou à categoria da seca. Os índices de secas mostraram ser uma ferramenta importante para monitorar a variabilidade da chuva e/ou da intensidade da seca.

Palavras-chave: clima, seca meteorológica, variabilidade da chuva, índice de severidade de seca.

ABSTRACT

FARIAS, Maysa Porto. **DRY WEATHER INDEXES FOR MICRO REGION OF PETROLINA, PE, AND JUAZEIRO, BA.** 2014. 67 p. Monografia do Curso de Especialização em GeoAmbiência– UEPB – CEDUC. Campina Grande, Paraíba.

The irregularity in the rainfall distribution in the semi-arid northeast has been a limiting factor for the development and stabilization of agricultural production. Before this, it was necessary to study the water regime of the micro-region of Petrolina, PE, and Juazeiro, BA, using the dry weather indexes: Normal Percentage (IPN), of aridity Martone (AMI), of Anomaly rainfall (IAR), of rain Lang (IRL), of the standardized modified precipitation (SPIM) and of the aridity Thornthwaite (IAT), being those determinations the objectives principal of this work. Monthly rainfall data were used, taken from the site of Embrapa semiarid, corresponding of the period from 1975 to 2013, being analyzed by criteria and procedures of the climatologically statistics and established the rainfall regime, in the scales monthly, seasonal, annual and decadal and calculated of droughts indexes. The principal results show that the rainfall distribution models for both locations are irregular, asymmetric and the rainy station lasts about four months (from December to March), besides being variable in amount, distribution and duration. The rainy season in both locations, it happens between the summer and the autumn and it rains the 86.0 % of the annual total, in Petrolina, and of and 91.0 %, in Juazeiro. The decade of 90 was the driest in both locations, although the rainiest in Petrolina has happened in the one of 80 and, in Juazeiro, in the one of 00. The variability of the average rainfall in the last three decades, in the last three decades, is inside of the interval of dispersion of the average and, therefore, there is no evidence of change in the rainfall patterns. The temporary variability of rainfall series indicates that extremely dry months or years may be preceded and/or followed by wet or normal and vice versa periods. Most of the indexes of droughts if it showed good indicator to diagnose the type of drought and/or variability of the rain, although the nomenclature of the drought categories/type is it specifies of each method. The indexes of rain of Lang and the one of aridity of Thornthwaite didn't express the conditions appropriately of the regime pluvial and/or to the category of the drought. The indexes of droughts showed to be an important tool to monitor the variability of the rain and of the intensity of the drought. Most dry show a good indicator indices to diagnose the type of drought and/or variability of rainfall, although the nomenclature of the class/type of dry method is specific of each. Lang rain indices and of the Thornthwaite aridity didn't express the conditions appropriately of rainfall patterns or of category of drought. The indexes of droughts showed to be an important tool to monitor the variability of the rain or dry strength drought

Keywords: climate, dry weather, variability of rainfall, drought severity index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Croqui com a nova delimitação do semiárido brasileiro.....	17
Figura 2-Mapa de localização do município de Juazeiro-BA.....	27
Figura 3- Mapa de Localização do município de Petrolina-PE.....	29
Figura 4- Pólo de irrigação Petrolina-PE/Juazeiro-BA.....	32
Figura 5- Plantio de uva e manga no Perímetro Irrigado de Petrolina, PE/Juazeiro, BA.....	33
Figura 6- Mapa no Nordeste da Brasil, destacando-se as localidades de Petrolina/ PE e Juazeiro/BA.....	34
Figura 7- Médias mensais das médias, medianas e desvio padrão da precipitação pluvial. Petrolina, PE, médias do período: 1975/2013.....	40
Figura 8- Médias mensais das médias, medianas e desvio padrão da precipitação pluvial. Juazeiro, BA, médias do período: 1975/2013.....	41
Figura 9- Médias anuais por décadas da precipitação pluvial em relação à média desvio padrão de Petrolina, PE, médias do período: 1975/2013.....	42
Figura 10- Médias anuais por décadas da precipitação pluvial em relação à média desvio padrão de Juazeiro, BA, médias do período: 1975/2013.....	43
Figura 11- Histograma de frequência dos totais anuais de precipitação pluvial, por intervalos de classe, em Petrolina, PE, médias do período: 1975/2013.....	44
Figura 12- Histograma de frequência dos totais anuais de precipitação pluvial, por intervalos de classe, em Juazeiro, BA, médias do período: 1975/2013.....	44
Figura 13- Médias e medianas por estações de ano da precipitação pluvial da localidade de Petrolina, PE, médias do período: 1975/2013.....	46

Figura 14- Médias e medianas por estações de ano da precipitação pluvial da localidade de Juazeiro, BA, médias do período: 1975/2013.....	46
Figura 15- Frequência relativa do índice de porcentagem normal (IPN), para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.....	48
Figura 16- Frequência relativa do índice de aridez de Martone (IAM), para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.....	49
Figura 17- Frequência relativa do Índice de chuva de Lang (ICL), para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.....	49
Figura 18- Valores dos índices de anomalia de chuva (IAC), para as respectivas classes de intensidade de categorias da seca, para Petrolina, PE.....	50
Figura 19- Valores dos índices de anomalia de chuva (IAC), para as respectivas classes de intensidade de categorias de secas, para Juazeiro, BA.....	51
Figura 20- Frequência relativa do índice padronizado de precipitação modificado (SPIM), para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.....	52
Figura 21- Valores dos índices de aridez de Thornthwaite (IAT), para os meses de dezembro a março, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Distribuição dos Recursos Hídricos superficial nas diferentes regiões do Brasil.....	15
Tabela 2- Informações Estatísticas da localidade de Juazeiro, BA.....	28
Tabela 3- Categorias de umidade e/ou de seca enquadradas mediante os índices da porcentagem normal (IPN) e de chuva de Lang (ICL).....	38
Tabela 4- Categorias de umidade e/ou de seca enquadradas mediante os índices de anomalia de chuva (IAC) e de chuva de aridez de Martone (IAM).....	38
Tabela 5- Categorias de umidade e/ou de seca enquadradas mediante os índices padronizado de precipitação modificado (SPIM) e de aridez de Thornthwaite (IAT).....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. O ciclo hidrológico.....	14
2.1. Importância e a distribuição da água no mundo.....	14
2.2 Principais características do regime pluvial no semiárido nordestino.....	16
2.3 Variabilidade da precipitação pluvial no semiárido.....	18
2.4 Secas e tipos de secas.....	20
2.4.1 Índices de monitoramento de seca.....	24
2.5 Principais características físicas e socioeconômicas dos municípios de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE).....	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1 Localização da área de estudo.....	34
3.2 Procedimentos metodológicos.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 Características do regime pluvial de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA).....	40
4.1.1 Variabilidade sazonal da precipitação pluvial.....	45
4.2 Índices de seca meteorológica.....	47
5 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial como principal componente do ciclo hidrológico se redistribui de forma desigual entre as diversas regiões do planeta, além de ser afetada por ações antrópicas capazes de alterar sua disponibilidade, em termos quantitativos e qualitativos.

As regiões semiáridas têm como características climáticas a irregularidade espacial e temporal na quantidade e na distribuição de chuvas, proporcionando períodos de estiagens e, conseqüentemente, incertezas associadas à disponibilidade de água para os mais diversos usos.

A microrregião do vale do São Francisco e, em particular, no polo de fruticultura de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, por fazer parte do semiárido nordestino, apresenta como característica marcante, uma curta estação chuvosa, que perdura por três a quatro meses e uma seca, com intervalo de oito a nove meses. Essa condição condiciona a sazonalidade na oferta de forragens, ou seja, com maior disponibilidade no período chuvoso, mas escassa na maior parte do ano.

No entanto, as irregularidades na quantidade e na distribuição de chuvas não ocorrem somente no total anual, mas até, no período chuvoso, causando impactos graves na sazonalidade na oferta de forragem e, conseqüentemente, baixa produtividade nos sistemas de produção animal.

Na moderna agricultura há necessidade de se tomar decisões de acordo com os fatores de produção disponíveis e a probabilidade de risco que a envolve. Dentre os principais fatores, destacam-se as variações nas condições meteorológicas. Assim sendo, para que qualquer empreendimento agrícola tenha sucesso, as respostas interativas entre clima-planta precisam ser adequadamente quantificadas e monitoradas.

A irregularidade na distribuição da chuva no semiárido nordestino tem sido um dos fatores limitantes para o desenvolvimento e à estabilização da produção agrícola. No período chuvoso, as chuvas se caracterizam pela forte intensidade, enquanto que no período menos chuvoso, são frequentes as estiagens de duração variável, elevando o risco da exploração agrícola.

Os principais mecanismos indutores de chuvas nessa região resultam do acoplamento de vários sistemas atmosféricos de várias escalas, quase periódicos, como a Zona de Convergência Intertropical (UVO, 1989), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (KOUSKY & GAN, 1981), os Sistemas Frontais (KOUSKY, 1979) e os Distúrbios de Leste (ESPINOZA, 1996).

A vulnerabilidade na região semiárida nordestina tem sido atribuída às secas, embora não deva ser assumida como causa única e exclusiva da pobreza regional, todavia essa variabilidade climática vem sendo utilizada como justificativa para explicar a fragilidade econômica regional.

A seca como um fenômeno natural tem propriedades bem características e distintas que se diferencia dos outros tipos de catástrofes naturais, provocando grandes problemas sociais, ambientais, econômicos e políticos. Uma característica comum aos diferentes tipos de seca é o déficit da precipitação pluvial. Segundo Mckee, Doesken e Kleist (1993) não existe uma definição de seca válida para qualquer região e/ou para todas questões sociais e econômicas.

Para Heim (2002), o grande número de setores da sociedade afetado pela seca, a diversidade geográfica e a magnitude dificultam a escolha de uma definição. Isso se deve, entretanto, a falta de entendimento das reais implicações sociais, o que a torna ineficaz as medidas para combatê-la (WILHITE et al., 2000). Embora seja possível compreendê-la e, portanto, mitigar consideravelmente os impactos através do seu monitoramento.

Neste contexto, há diversas maneiras de se definir seca, a depender, principalmente, da temática da abordagem sejam elas relacionadas à precipitação, agricultura, hidrologia e aos aspectos socioeconômicos. Por isso, descreve-se que há quatro tipos de secas: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica (WILHITE, 1999).

Em síntese, a seca meteorológica é caracterizada pelo déficit da precipitação em relação a média; a hidrológica pela redução dos níveis de água em reservatórios de superfície e subterrâneo; a agrícola pela disponibilidade de água no solo para o crescimento e desenvolvimento das plantas e a socioeconômica é aquela relacionada aos impactos das secas (meteorológica, hidrológica e agrícola) sobre as atividades humanas. Para Wilhite (2003), todas as secas resultam da deficiência de chuvas e, portanto, afeta a agropecuária, o abastecimento de água e os demais seguimentos da sociedade.

Deste modo, o monitoramento dos períodos secos e/ou úmidos pode ser efetuado usando índices de seca. Como existem diferentes concepções para caracterizar uma seca, há, obviamente, distintos procedimentos e índices para avaliar o referido fenômeno.

Diante disto, houve a necessidade de se estudar o regime hídrico da microrregião de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, utilizando-se os índices de seca meteorológica da Porcentagem Normal (IPN), de aridez de Martone (IAM), de Anomalia de Chuva (IAC), de chuva de Lang (ICL), o padronizado de precipitação modificado (SPIM) e o de Aridez de Thornthwaite

(IAT), sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho. Tendo ainda, os seguintes objetivos específicos:

Caracterizar o regime pluvial de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), nas escalas mensal, sazonal, anual e decadal;

Selecionar os anos úmidos ou chuvosos e os secos, utilizando-se o índice de anomalia de chuva (IAC);

Fazer uma análise comparativa entre os diferentes índices de seca.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é o princípio unificador fundamental referente à água no planeta, sua disponibilidade e distribuição (TUNDISE, 2003). A circulação ininterrupta de água entre os reservatórios oceânicos, terrestre e atmosférico é chamada de ciclo hidrológico. Este ciclo global de circulação fechada da água entre o oceano, continente e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade é alimentado pelos processos de evaporação e transpiração, repartindo-se logo após a precipitação em evapotranspiração, escoamento superficial e escoamento subterrâneo.

Segundo Pielou (1998) embora o ciclo hidrológico seja único para todo o planeta, o volume de cada um de seus componentes variam nas diferentes regiões do planeta. A energia solar é a principal condutora responsável dos processos neste ciclo, juntamente com outros elementos, a desigualdade na distribuição de energia no globo terrestre gera as irregularidades dos elementos que compõem este ciclo, a precipitação, a temperatura, o vento, dentre outros elementos.

O grande fenômeno natural responsável pela renovação das águas é o ciclo hidrológico, acionado pela energia solar e pela força da gravidade, pelos quais as águas são evaporadas e precipitadas sobre mares e continentes, num ciclo sem fim, gerando circulação da água e sua purificação. Anualmente, cerca de 110.000 km³ de água precipita-se sobre os continentes, dos quais cerca de 70.000 km³ evaporam, retornando à atmosfera, e 40.000 km³ se repartem entre escoamento superficial e subterrâneo, numa proporção de cerca de 60% e 36 % respectivamente. Dessa forma, esses 40.000 km³ constituem, em média, o limite máximo renovável num ano, no mundo. A parcela que vai para os aquíferos subterrâneos irá alimentar os cursos de água superficiais na estiagem (MARGULIS, 1990).

Água é vida, água elemento vital, água purificadora, água recurso renovável, são alguns dos significados referidos em diferentes mitologias, religiões, povos e culturas, em todas as épocas (REBOUÇAS, 1997).

2.1. Importância e a distribuição da água no mundo

De acordo com dados do relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2014) o volume total de água na Terra é de aproximadamente 1,4 bilhões de km³. Mas apenas 2,5% desse valor (cerca de 35 milhões de km³) são de água doce. Desses 35 milhões de km³, em

torno de 70 % está na forma de gelo, encontrado nas regiões ártica e antártica e em topos de montanhas. Cerca de 30 % do recurso é encontrado sob o solo; de modo que somente 0,3 % de toda a água líquida estão disponíveis em lagos e rios.

O Brasil, em comparação com outros países, tem uma posição privilegiada no acesso ao recurso. Possui algo em torno de 12 % de todas as reservas de água doce do mundo. Apesar desse quantitativo, cerca de 70 % de todo o volume está na Região Amazônia, contra apenas menos de 5 % no Nordeste (ANA, 2014).

Segundo Bezerra (2002) a disponibilidade dos recursos hídricos nas regiões brasileiras em relação a sua população acontece de uma forma muito desigual, observa-se na Tabela 1 essa distribuição.

Tabela 1- Distribuição dos Recursos Hídricos superficial nas diferentes regiões do Brasil.

REGIÕES	POPULAÇÃO (%)	RECURSOS HÍDRICOS (%)
Norte	4,64	68,50
Nordeste	30,27	3,30
Centro-oeste	6,83	15,70
Sudeste	43,13	6,00
Sul	15,14	6,50

Fonte: Bezerra (2002).

A quantidade e a qualidade das águas doces continentais no planeta sempre foram essenciais para manter os ciclos de vida, a biodiversidade dos organismos e a sobrevivência da espécie humana. A quantidade de água disponível e a qualidade adequada têm componentes que são fundamentais para a economia regional, continental e mundial; água de boa qualidade é fundamental para manter a sustentabilidade e a saúde humana, como também a qualidade de vida das populações urbanas e rurais (TUNDISI, 2003).

Os ciclos de energia física, química e biológica que engendram ou conservam as diferentes formas de vida nos ecossistemas naturais da Terra, em geral, e nos contextos antrópicos, em particular, estão intimamente ligados ao ciclo das águas (REBOUÇAS, 1997).

O balanço hídrico pode ser entendido como a contabilização dos ganhos e perdas de água, em determinado volume de solo. Os ganhos são constituídos, basicamente, pela precipitação pluvial, enquanto as perdas ocorrem por evapotranspiração, percolação profunda e escoamento superficial e subsuperficial de saída. O volume de solo é definido pela

profundidade efetiva do sistema radicular, em que se observa a absorção de água pelas raízes (SOUZA et al., 2006).

Segundo a Organização Mundial de Saúde todos os seres humanos, independente da escala de desenvolvimento e de condições socioeconômicas, são tributários de um suprimento adequado de água (OMS, 2001). Contudo considera-se que a elevada irregularidade na quantidade e na distribuição espacial e temporal da precipitação pluvial, torna-se uma mera justificativa para um fornecimento indigno de água característica marcante do semiárido nordestino.

2.2 Principais características do regime pluvial no semiárido nordestino

A precipitação pluvial da região semiárida é marcada por chuvas irregulares, tanto na distribuição quanto no espaço e no tempo. Varia entre 300 e 800 mm por ano. Na região ocorre uma evaporação muito superior à precipitação. Estudos hidrográficos apontam que muitas vezes, quando a água é encontrada no subsolo, através da perfuração de poços tubulares, cacimbões ou artesianos, encontra-se água salobra e de péssima qualidade para o consumo humano e animal (BAPTISTA & CAMPOS, 2013).

Segundo o mesmo autor o clima é uma das características mais importantes da região, principalmente pela ocorrência do fenômeno das “grandes secas” caracterizadas pelo esgotamento da umidade do solo, fenecimento das plantas por falta de água, depleção do suprimento de água subterrânea e redução e eventual cessação do fluxo dos cursos de água.

Segundo publicações da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA, 2014) e o Ministério da Integração Nacional, a região semiárida brasileira é a maior do mundo com essa característica. Tem uma área de 982.566 Km², que corresponde a 18,2% do território nacional, 53% da região Nordeste e abrange 1.133 municípios. Ocupa 86,8% do estado do Ceará, 93,4% do território do Rio Grande do Norte, 86,6% da Paraíba, 88,0% do Pernambuco, 59,9% do Piauí, 69,7% do território da Bahia, 45,6% de Alagoas, 50,9% do Sergipe, além de 17,7% do Norte de Minas Gerais e cerca de 1% do estado do Maranhão.

A região semiárida vinha sendo conceituada do ponto de vista climático de acordo com (ADENE, 2003) como sendo formada por um conjunto de lugares contíguos, caracterizada pelo balanço hídrico que é resultante de precipitações médias anuais iguais ou inferiores a 800 mm, insolação média de 2800h/ano, temperaturas médias anuais acima de 23° a 27° C, evaporação potencial de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50 %.

Caracteriza-se essa região por forte insolação, temperaturas relativamente altas e pelo regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período, de poucos meses. Desta forma, segundo descrição de Souza Filho (2003) as manchas semiáridas são um enclave não homogêneo (abrangendo quase 1 milhão de km²) de escassa pluviosidade dentro do domínio tropical, apresentando grande diversidade de um ponto para outro.

Segundo a Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA, 2014) o semiárido abrange uma área de 982 mil quilômetros quadrados, onde vivem cerca de 22 milhões de pessoas, que representam 46% da população nordestina e 13% da brasileira. A Figura 1 mostra a nova delimitação do semiárido brasileiro com a incorporação de uma parte do norte de Minas Gerais e Espírito Santo.

Figura 1- Croqui com a nova delimitação do semiárido brasileiro.



Fonte: Brasil (2007).

Para a nova delimitação do semiárido brasileiro, o Grupo de Trabalho Interministerial (GTI) tomou por base três critérios técnicos: (precipitação, índice de aridez e riscos de secas).

Esses três critérios foram aplicados consistentemente a todos os municípios que pertencem à área da antiga SUDENE, incluindo os municípios do norte de Minas Gerais e do Espírito Santo (BRASIL, 2007).

Além dos 1.031 municípios já incorporados, passam a fazer parte do semiárido outros 102 novos municípios enquadrados em pelo menos um dos três critérios utilizados (LINS, 2008).

De acordo com a ASA (2014):

O Semiárido tem a maior parte do seu território coberto pela Caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, rico em espécies endêmicas, ou seja, que não existem em nenhum outro lugar do mundo. A composição florística da Caatinga não é uniforme em toda a sua extensão. Apresenta grande variedade de paisagens, de espécies animal e vegetal, nativas e adaptadas, com alto potencial e que garantem a sobrevivência das famílias agricultoras da região.

O semiárido nordestino brasileiro é o mais populoso e o mais chuvoso do planeta. O subsolo é formado por rochas cristalinas (cerca de 70 %), que dificulta a infiltração e impede a formação de mananciais perenes. A água é normalmente salina e os rios intermitentes. A pluviosidade além de irregular é má distribuída no tempo e no espaço (MALVEZZI, 2007).

O Nordeste brasileiro (NEB) está localizado entre 01 e 18° S e de 35 a 47° W (1,5 milhões de quilômetros quadrados), caracterizado pela elevada variação espacial e temporal da precipitação. No entanto, alguns autores, tais como Roucou et al., (1996), Nobre & Shukla (1996), dentre outros acreditam que as oscilações interanuais da precipitação estão em grande parte, relacionadas com as flutuações da temperatura da superfície do mar, nos oceanos tropicais, notadamente, o Atlântico e o Pacífico.

Para Kayano & Andreoli (2006), a variabilidade de precipitação no (NEB) está mais fortemente relacionada com as condições do Atlântico tropical do que com as do Pacífico tropical. Embora, as causas reais da irregularidade na quantidade e/ou na distribuição das chuvas no semiárido nordestino ainda não sejam inteiramente conhecidas e/ou explicadas (ALMEIDA, 2010).

2.3 Variabilidade da precipitação pluvial no semiárido

A precipitação pluvial é o elemento do clima amplamente reconhecido por muitos pesquisadores como sendo o mais importante na região tropical e/ou do no semiárido brasileiro (MORAES et al., 2005; SANTOS et al., 2009).

Segundo Sagri (1996), a irregularidade na distribuição sequencial das precipitações pluviais tem sido um dos fatores limitantes para maior desenvolvimento e à estabilização da produção agrícola. No período chuvoso, as chuvas se caracterizam pela forte intensidade, enquanto que no período menos chuvoso, são frequentes as estiagens de duração variável, elevando o risco da exploração agrícola.

Por outro lado, o problema climático da região semiárida não é a escassez de chuvas em termos absolutos, mas a irregularidade em quantidade e/ou em distribuição ao longo do ano. Mesmo durante um ano “normal”, 80 a 90% das chuvas são concentradas nos meses chuvosos.

A distribuição da precipitação sobre a superfície terrestre é muito mais complexa do que a da insolação ou da temperatura do ar, por estar associada à influência de alguns fatores, tais como a topografia, à distância dos grandes corpos hídricos, às massas de ar predominantes, dentre outros (VAREJÃO-SILVA, 2001).

Mesmo assim, as elevadas temperaturas, insolação praticamente o ano inteiro, baixa umidade relativa do ar e ausência de chuvas durante muitos meses do ano são requisitos propícios para produzir frutas tropicais em culturas irrigadas de alto valor no mercado internacional (NOBRE & CAVALCANTI, 2000).

Segundo os autores Almeida & Pereira (2007) o clima semiárido, nas áreas próximas às latitudes equatoriais, demonstra que as características climáticas prevalecem muito mais no regime pluvial, daí a importância de se estudar mais a pluviosidade, do que a temperatura, por exemplo.

Os principais mecanismos indutores de chuvas no (NEB) resultam do acoplamento de vários sistemas atmosféricos de várias escalas quase periódicos, como a Zona de Convergência Intertropical (UVO, 1989), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (KOUSKY & GAN, 1981), os Sistemas Frontais (KOUSKY, 1979), e os Distúrbios de Leste (ESPINOZA, 1996).

Esses sistemas podem ser modificados pelas características fisiográficas da região e por anomalias atmosféricas e oceânicas dentre elas destacam-se o dipolo do Atlântico e o El Niño Oscilação Sul (ENSO), que modificam a frequência, distribuição espacial e intensidade desses sistemas (ARAÚJO, 2006).

Moura e Shukla (1981) mostraram que em alguns anos, os eventos de secas do (NEB) estão associados a um dipolo meridional de anomalias de Temperatura de Superfície do Mar (ATSMs) no Oceano Atlântico Tropical. Eles sugeriram que a dinâmica e termodinâmica associadas a este dipolo afetam a posição e intensidade da Zona de Convergência Intertropical

(ZCIT) que, por sua vez, influencia a precipitação nesta região. O modo de dipolo envolve variações de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) em ambos os hemisférios, em escalas de temporal (SERVAIN, 1991).

Para Alves (2006), há pelo menos seis sistemas atmosféricos que interferem diretamente nas condições de tempo sobre o Nordeste, cuja ação conjunta ou não produz uma precipitação significativa ou propriamente resulta no fenômeno da seca na região: a Zona de Convergência Intertropical (ITCZ), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), as bandas de nebulosidade associadas os sistemas frontais e os Distúrbios de Leste, as Brisas terrestre e marítima e um mecanismo de escala planetária conhecido como a Oscilação 30-60 dias, sendo os dois primeiros os mais importantes.

2.4 Secas e tipos de secas

De acordo com Baptista & Campos (2013) nas discussões referentes ao Semiárido, uma questão que emerge de imediato: a água, a chuva e a seca. Normalmente se afirma que não chove o suficiente, que há falta de água e que este é o maior problema do semiárido. Essa é uma verdade relativa, pois existem diferenças marcantes do ponto de vista da precipitação anual de uma região para outra. Em alguns locais a precipitação pode chegar a 800 milímetros por ano, enquanto em outros em média 300 milímetros anuais. O nosso é o semiárido mais chuvoso do mundo, porém, as chuvas são concentradas em poucos meses e mais de 90% de suas águas não são aproveitadas devido à sua evaporação e ao seu escoamento superficial.

A cada período forte de estiagem, milhares de pessoas que vivem no semiárido não conseguem satisfazer suas necessidades de acesso à água e a alimentos básicos. O problema não está apenas na inexistência de água suficiente, mas no fato de chover irregularmente e/ou concentradamente em apenas um período do ano, ao que se somam os processos inadequados de armazenamento, ou seja, desperdiça-se quase toda a água das chuvas porque não a armazena-se adequadamente. A questão reside, então, muito mais na falta de estruturas adequadas de armazenamento da água, de forma a não concentrar seu uso e sua propriedade (GALINDO, 2008).

A seca é sinônima de tragédia que provoca grandes problemas sociais, econômicos e políticos na região. Destroi as atividades agrícolas e pecuárias e agrava a falta de água até mesmo para o consumo humano, ocasionando a sede, a fome e muitas mortes em consequência de doenças provocadas pela ingestão de águas impuras e contaminadas (COSTA, 2013).

A seca é uma catástrofe natural com propriedades bem características e distintas dos restantes tipos de catástrofes. De uma maneira geral é entendida como uma condição física transitória caracterizada pela escassez de água, associada a períodos extremos de reduzida precipitação mais ou menos longos, com repercussões negativas significativas nos ecossistemas e nas atividades socioeconómicas (ANPC, 2014).

Distingue-se das restantes catástrofes por o seu desencadeamento se processar de forma mais imperceptível, a sua progressão verifica-se de forma mais lenta, a ocorrência arrasta-se por um maior período de tempo, pode atingir extensões superficiais de muito maiores proporções a sua recuperação processar-se de um modo também mais lento (ANPC, 2014).

O conceito de seca não possui uma definição rigorosa e universal. É interpretado de modo diferente em regiões com características distintas, dependendo a sua definição da inter-relação entre os sistemas naturais, sujeitos a flutuações climáticas, e os sistemas construídos pelo homem, com exigências e vulnerabilidades próprias. Conforme a perspectiva de análise, ou vulnerabilidade considerada, este fenómeno pode ser distinguido entre secas meteorológicas, hidrológicas, agrícolas e socioeconómicas.

O (NEB) é um exemplo de região onde a maioria da população é muito sensível a variabilidade climática, pois a maior parte de seu território é destinada às atividades agrícolas, de forma muito dependente da sazonalidade da chuva. Com isso, qualquer variação no período das chuvas resulta em perdas importantes na agricultura e pecuária, provocando serias limitações à qualidade de vida de sua população (FREITAS, 2010).

A seca é, talvez, o mais complexo e menos entendido fenómeno da natureza, afetando um número maior de pessoas do que qualquer outro. Para Schwartzman (2007) nas últimas décadas verifica-se a ocorrência de secas e a inabilidade da maioria dos governos de mitigar seus efeitos, no curto prazo, e de reduzir, no longo prazo, a vulnerabilidade das sociedades no convívio com esse fenómeno natural.

Para Barra et al. (2002), a seca ocorre quando a precipitação for menor que a média climatológica, podendo ter vários graus de severidade.

A seca é naturalmente parte do clima e sua recorrência, como outros eventos climáticos extremos, é inevitável. Uma vez que seus efeitos vão se acumulando por um considerável período de tempo, podendo perdurar por anos depois do término do evento, torna-se difícil delimitar o seu início e o seu final. Também, pela falta de uma definição precisa e universal da seca, torna-se difícil determinar o seu grau de severidade (SCHVARTZMAN & PALMIER, 2007).

Segundo o mesmo autor o fenômeno está relacionado com o seu local de ocorrência e seus específicos impactos. Isso explica as várias definições, vários são os critérios para se definir as secas. Muitos dos critérios usualmente utilizados visam analisar a frequência, a severidade e a duração dos eventos para um determinado período histórico.

A seca é uma característica normal e periódica do clima, cujo início é difícil de detectar. De monitoramento complexo, ela causa prejuízos em diferentes setores da atividade humana (QUIRING, 2009). Secas ocorrem em qualquer região climática e são caracterizadas pelo déficit entre a precipitação pluvial e a evapotranspiração potencial.

A gravidade da seca aumenta com a associação de temperatura do ar elevada, ventos fortes, baixa umidade do ar e com condições locais de solo, relacionadas, principalmente, à taxa de infiltração e retenção de água e à sua erodibilidade potencial (FREITAS, 2005; SALAS et al., 2005).

Segundo Redmond (2002) não existe uma definição universal para definir a seca, de modo que definições sejam dependentes da temática de abordagem. Heim (2002) classificou a seca em quatro diferentes categorias em função dos seus efeitos: meteorológica, agrícola, hidrológica e a socioeconômica.

A seca meteorológica depende somente do déficit de precipitação pluvial e duração do período com déficit. A seca agrícola refere-se a situações com redução na quantidade de água disponível nas diferentes camadas do solo afetando o rendimento das culturas. Segundo Park, Feddema e Egbert (2005) este tipo de seca apresenta um tempo maior de resposta às mudanças na precipitação pluvial e o seu impacto depende da sua duração em relação à fase em que a cultura se encontra.

A seca hidrológica ocorre após um período mais longo de déficit de precipitação pluvial sendo observada após a seca meteorológica e agrícola. Já a seca socioeconômica ocorre quando a deficiência da água começa a afetar a vida humana estando vinculada aos outros três tipos de secas. Embora as secas estejam classificadas nestes quatro tipos, todas são originadas da deficiência de precipitação pluvial que resulta na falta de água para o desenvolvimento de atividades, ou a sobrevivência dos seres vivos (WILHITE, 2003).

Para Blain e Kayano (2011) dentre as adversidades meteorológicas que mais afetam o ser humano, a seca ocupa posição de destaque. As dificuldades associadas à mitigação e combate dos efeitos dessa anomalia climática têm início desde o estabelecimento de uma definição clara do termo seca, até o conhecimento da vulnerabilidade que cada atividade, região ou sociedade apresenta em relação a essa condição climática adversa.

Nesse aspecto, Wilhite e Glantz (1987) afirmam que o estudo da seca não deve ser separado do contexto social. Contudo, para esses autores, todos os casos desse fenômeno são originados por um déficit de precipitação pluvial, que resulta em baixa disponibilidade hídrica para a atividade que a requer. Sob as diversas abordagens que as avaliações dessa adversidade podem ser conduzidas, entre elas a agrícola, a hidrológica ou até mesmo a socioeconômica, o enfoque meteorológico, ou simplesmente a seca meteorológica, é relacionada, por autores como Wilhite (2000), a um déficit de precipitação. Em outras palavras, esse último tipo de seca ocorre quando os totais de precipitação pluvial observados em determinada região e em um período específico, encontram-se consideravelmente abaixo do que seria climatologicamente esperado.

Cunha (2008) destaca que todos os tipos de seca são originados da escassez de água, por tempos extremos de redução de precipitação mais ou menos longos. Tal fenômeno acomete qualquer região, seja com características úmidas ou áridas, sendo de difícil predição no que diz respeito ao seu início e fim e suas consequências são sentidas nas mais diversas áreas: agrícola, pecuária, geração de energia, lazer, e no consumo industrial e doméstico.

A seca pode ocorrer em qualquer região sem diferenciação de clima, pois mesmo em um clima com características predominantemente úmidas esse fenômeno pode se manifestar (TEXEIRA et al., 2013). Sentelhas (2010) comenta que o Brasil em função das suas grandes dimensões e de todos os fatores macroclimáticos, o país apresenta uma grande variedade de climas, variando do tropical no centro-norte ao temperado no sul, e de úmido na parte norte da região amazônica ao semiárido na maior parte da região Nordeste, onde o bioma Caatinga prevalece. Portanto, mesmo regiões úmidas, como a Floresta Amazônica no estado do Amazonas e a região dos Pampas, no Rio Grande do Sul, têm experimentado períodos de seca severa durante os últimos anos, causando desastres para diversas atividades humanas, principalmente a agricultura (TEXEIRA et al., 2013).

Blain & Brunini (2005) definem climatologicamente a seca como sendo o fenômeno que ocorre quando a precipitação pluvial de uma região diminui consideravelmente em relação ao que seria climatologicamente esperado. Ainda segundo os autores a maior parte dos trabalhos científicos reconhece quatro tipos de seca: meteorológica, hidrológica, agrícola e socioeconômica.

Para Khan e Campos (1995) de todas as regiões do Nordeste rural, a zonas semiáridas constitui a zona problema pela periódica ocorrência de fortes secas, que reduzem significativamente os volumes de produção e incidem drasticamente sobre ampla população sem terra e de escassos recursos financeiros. As consequências da seca para a população rural

do semiárido nordestino são sempre catastróficas, pois promovem a desestruturação do já frágil sistema socioeconômico da região, deixando em seu rastro a miséria aguda, doenças ou epidemias e enormes migrações (KHAN et al., 2005).

Considera-se a água como requisito fundamental em qualquer esfera de desenvolvimento e a sua ausência resulta em conflitos sociais, econômicos e ambientais. A seca sendo um fenômeno climático que propaga em todos os setores independente da sua localização geográfica específica, do ponto de vista climático as altas temperaturas e o efeito dessa radiação sobre solos desnudos acelera as perdas de água pelo processo de evaporação e evapotranspiração, sobretudo nos meses inseridos no período seco da região.

A estimativa dessa perda de água pela evapotranspiração pode ser feita de forma direta utilizando-se instrumentos ou indireta empregando-se modelos baseados em dados climatológicos que condicionam a perda de água do solo para a atmosfera (MENEZES et al., 1980). Do mesmo modo, pode-se estimar o nível de aridez de um ambiente por meio de fórmulas baseados em dados climatológicos.

Entretanto, a ocorrência de secas ou enchentes em área onde não mora ninguém ou que não constitui objeto de vantagens socioeconômicas e políticas não passa de um fenômeno físico.

2.4.1 Índices de monitoramento de seca

De acordo com as publicações da Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPEC, 2014) a previsão de uma seca é essencialmente climatológica. Existem vários métodos reconhecidos para a previsão e monitoramento de secas. Apesar de serem bem conhecidos os mecanismos atmosféricos que dão origem às secas, a sua previsão é complexa, principalmente devido a ausência de dados, uma vez que se relaciona com a previsão meteorológica a longo prazo. No entanto o monitoramento das secas através dos índices são indispensáveis para o acompanhamento climático de uma região, selecionando-se de uma forma correta o índices que melhor se aplica a uma dada região.

Para Schwartzman e Palmier (2007), as secas diferem uma das outras em três características essenciais: intensidade, duração e cobertura espacial. A intensidade refere-se à precipitação e/ou à severidade associada à falta de chuvas. Isso é medido por meio de índices comparativamente às médias normais e relacionado a períodos na determinação do impacto.

Uma das principais dificuldades desses índices é determinar o limite abaixo do qual se pode considerar que há deficiência na precipitação.

Outra característica que distingue as secas é a sua duração. As secas usualmente requerem um mínimo de dois a três meses para se estabilizar, mas podem continuar por vários anos consecutivos. A magnitude do impacto da seca está diretamente relacionada à duração do evento, mas a sua distribuição temporal poderá resultar em uma seca agrícola, ou seja, as precipitações ocorrerem após o período ideal para a germinação das plantas. No entanto, mesmo se as precipitações forem baixas, mas se ocorrerem em épocas propícias os resultados serão menos adversos para a agricultura (SCHVARTZMAN & PALMIER, 2007).

Ainda para os mesmos autores as secas diferem-se também em termos de características espaciais. As áreas afetadas por uma seca severa evoluem gradualmente, e as regiões de máxima intensidade variam de estação para estação. A severidade da seca não depende somente da duração, intensidade e extensão geográfica, mas também das ações antrópicas sobre a vegetação e as fontes de recursos hídricos.

A significância de uma seca não pode ser dissociada do contexto social e seu impacto depende diretamente da vulnerabilidade social em determinado momento. Nas pesquisas científicas diversos índices têm sido utilizados para caracterizar a aridez dos climas das regiões, usando-se dados médios de precipitação pluvial, temperaturas, insolação, evapotranspiração potencial, umidade relativa do ar, dentre outros.

Os índices de seca são ferramentas que possibilitam o monitoramento da seca de uma forma simples e operacional, minimizando os seus impactos nos diferentes setores. O monitoramento é fundamental para mitigação e para o gerenciamento, contudo não se pode gerenciar o que não pode ser monitorado (HEINEMANN et al., 2007).

Para o monitoramento da seca não deve ser utilizado apenas um índice, pois o mesmo não expressa adequadamente as inter-relações entre os componentes do ciclo hidrológico. O recomendado é a adoção de múltiplos índices, de forma a contemplar os impactos dos diferentes setores atingidos e/ou priorizados pelos planejadores governamentais.

O monitoramento dos diversos tipos de seca vem sendo baseado em índices que os padronizam em escalas temporal e espacial. A confiabilidade dos resultados desses modelos matemáticos, na quantificação das implicações dessas anomalias climáticas, nos diferentes setores da economia, esta associada a escolha do correto intervalo de tempo em que cada conceito de seca deve ser avaliado (BLAIN & BRUNINI, 2007).

Para os mesmos autores, atualmente, o monitoramento dos diversos tipos de seca e feito com base em índices que os padronizam em escala temporal e regional permitindo, com

isso, a comparação das condições hídricas de diferentes áreas. Tais quantificadores hídricos vem sendo usados em políticas estaduais e federais como parâmetros que auxiliam a tomada de decisão quanto a adoção ou suspensão de planos de combate as implicações da seca nos diversos setores da sociedade.

A American Meteorological Society (AMS, 2000), cita alguns dos índices mais usados para monitorar as secas: de Porcentagem Normal (IPN), de aridez de Martone (MIA), de Anomalia de Chuva (IAC), de chuva de Lang (LIR), o Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM), o de Aridez de Thornthwaite (IAT), dentre outros.

Segundo Repelli et al. (1998), os índices propostos parecem ser apropriados para utilização em regiões semiáridas e ou tropicais, especialmente, para o (NEB). Além disso, há facilidade de acesso aos dados de precipitações mensais e anuais e, portanto, faz dos índices uma ferramenta importante para monitorar a estação e/ou períodos secos e chuvosos.

No NEB, a previsão e/ou o monitoramento de períodos secos ou chuvosos são particularmente úteis devido aos seguintes aspectos (ARAÚJO & SILVA, 2011):

- a) A existência de inúmeros projetos de irrigação implantados e a serem implantados ao longo dos principais rios;
- b) O abastecimento d'água das grandes cidades é, em sua maioria, dependente direto do escoamento dos rios, ou indiretamente do volume acumulado nas barragens;
- c) A maioria das culturas agrícolas depende exclusivamente da regularidade das chuvas e;
- d) A possibilidade de uso de água subterrânea é pequena quando comparada com a da água superficial (FREITAS, 2004, 2005).

Deste modo, o monitoramento desses períodos pode ser efetuado através do emprego dos citados índices. Com base neles, pode-se desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos secos ou chuvosos, assim como as diferenciadas medidas a serem efetivadas de acordo com os valores atingidos por tais parâmetros (SILVA & SOUZA & KAYANO, 2009).

Com auxílio do monitoramento climático, pode-se aperfeiçoar o uso múltiplo dos recursos hídricos, seja no setor agrícola, pesqueiro, social e energético (SOUSA & SILVA, 2013).

(EMBRAPA, 2007). Segundo a Embrapa (2008) o bioma predominante é a Caatinga, as áreas de Caatinga arbóreo-arbustiva podem ser consideradas como as de maior diversidade.

O Município de Juazeiro está inserido na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Tem como principais drenagens o rio São Francisco, o riacho Língua de Vaca, o rio Curaçá e o riacho do Poção (CPRM, 2005). O relevo é bastante plano, com leves declives e aclives sugerindo mudança no domínio geológico(EMBRAPA, 2008).

Nesta região ocorrem predominantemente os solos Argissolo Amarelo (Podzólicos Amarelos Tb distróficos e eutróficos), Argissolo Vermelho-Amarelo (Podzólicos Vermelho-Amarelos Tb distróficos e eutróficos) e os Latossolos (Vermelho- Amarelos e Amarelos), além dos Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzosas), Vertissolos e os Planossolos (Solonetz-Solodizados e Planossolos) (SILVA et al., 1993; ARAÚJO FILHO et al., 2000; EMBRAPA, 2006; EMBRAPA, 1976).

Mesmo de uma forma substancial, pode-se observar na Tabela 2, informações estatísticas que norteiam as discussões que serão apresentadas posteriormente, traçando o perfil socioeconômico da localidade de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, respectivamente.

Tabela 2- Informações Estatísticas da localidade de Juazeiro, BA e Petrolina, PE.

DADOS SOCIOECONÔMICOS	JUAZEIRO-BA	PETROLINA-PE
População estimada (2013)	214.748	319.893
População (2010)	197.965	293.962
Área da unidade territorial (km ²)	6.500,520	4.561,872
Densidade demográfica (hab/km ²)	30,45	64,4
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - 2010 (IDHM 2010)	0,677	0,697
PIB (2011)	1,9 bilhão	3,2 bilhões
Incidência de pobreza (2003)	45,94 %	42,96%
Índice de Gini (2010)	0,56	0,62
Total de matrículas* (2012)	51.460	82.543

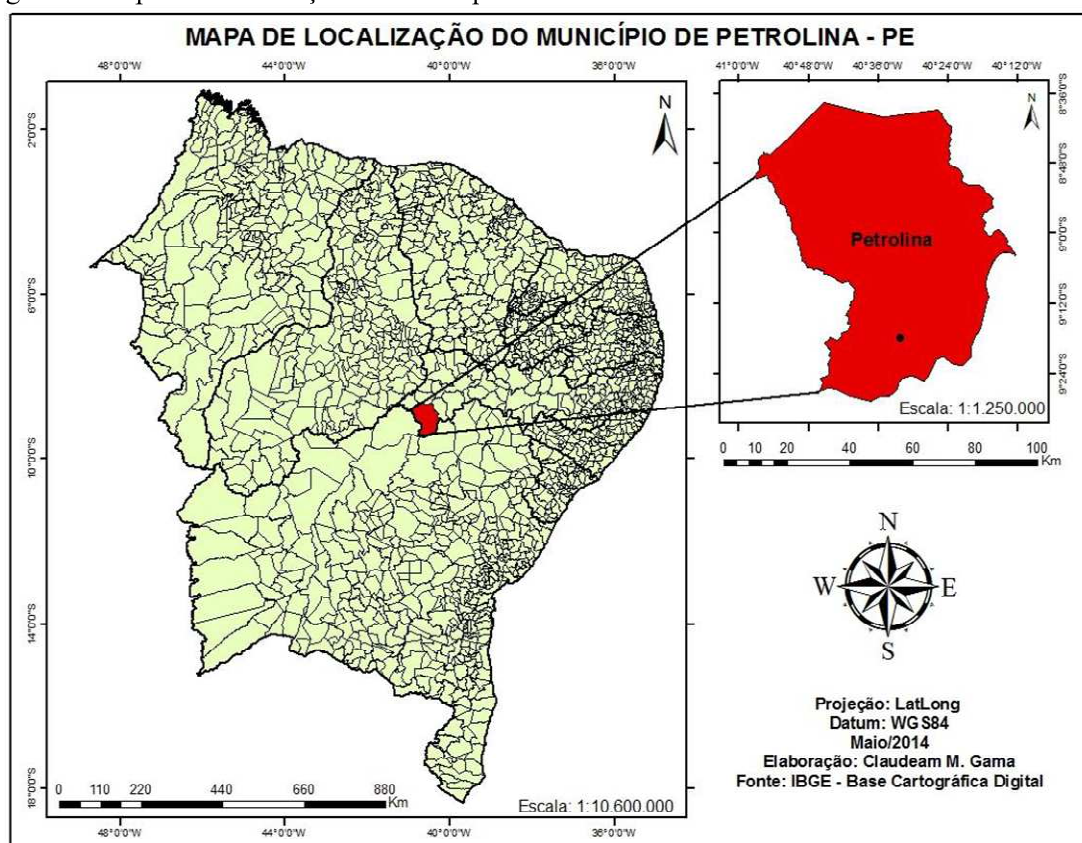
*(Ensino pré-escolar, Fundamental e Médio)

Fonte: (IBGE,2013).

De acordo com os dados do IBGE (2013) 22% do Produto Interno Bruto de Juazeiro é dinamizado pela agropecuária, 15% pela indústria e 63% pelo setor de comércio e serviços.

O município de Petrolina-PE está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino, com grandes superfícies de Pediplanos e com inselbergs. Assim sendo, tal zona do sertão de Pernambuco encontra-se colocada predominantemente nos degraus da estrutura geológica do Pré-Cambriano, com recobrimento pedimentar no extremo oeste que descem da Borborema e da Chapada do Araripe (EMBRAPA, 2005).

Figura 3- Mapa de Localização do município de Petrolina-PE.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), Adaptado por Gama, 2014.

Nesta área, em função do aumento de espessura do recobrimento pedimentar, os solos apresentam-se mais profundos e desenvolvidos, destacando-se as seguintes classes: Argissolos Vermelho-Amarelos e Amarelos, ambos Eutróficos plínticos e não plínticos, abruptos ou não abruptos, concrecionários e não concrecionários. Em menores proporções ocorrem áreas de Latossolos Vermelho-Amarelos Eutróficos, Neossolos Quartzarênicos Distróficos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Planossolos Nátricos e Planossolos Solódicos (EMBRAPA, 2005).

O município de Petrolina encontra-se inserido nos domínios da Macro Bacia do Rio São Francisco, da Bacia Hidrográfica do Rio do Pontal e do grupo de bacias de pequenos rios interiores (CPRM, 2005).

A rede de drenagem da área é bastante vasta, constituída por grandes rios, como por exemplo, o Garça, o São Pedro, o Brígida, o Pontal, e outros, além de pequenos riachos que correm de forma mais ou menos paralela na direção sul para o Rio São Francisco. Este é o mais importante rio da região, por extensão, volume d'água, potencial energético e perenidade. Percorre um longo trecho semiárido, principalmente entre os municípios de Petrolina e Petrolândia, permitindo a irrigação nas suas margens, peça fundamental ao soerguimento agrícola racional da região (EMBRAPA, 2005).

Segundo a Embrapa (2008) o bioma predominante é a Caatinga com as áreas de Caatinga arbóreo e o tipo de clima predominante é semiárido e subtipo quente (BSh), com temperatura média anual superior a 18°C de acordo com a classificação climática de Köppen.

Semelhante ao espaço nordestino onde existe um quadro heterogêneo com uma variedade de regiões distintas, no sertão semiárido o quadro geral também não tem nada de homogêneo, apresentando diversas áreas naturais, onde mudam os solos, a vegetação e até o clima, influenciando nas atividades econômicas locais (FRANÇA, 2009).

Comumente na região semiárida predomina uma agricultura de sequeiro de alto risco, instável e de baixa produtividade, no entanto o semiárido possui ainda outras áreas que são consideradas enclaves por apresentarem características especiais formadas por solos sedimentares ou cristalinos profundos, relevo plano e suave ondulado com excelentes características para a agricultura (LACERDA & LACERDA, 2004).

Estas áreas são: as áreas de vales de rios intermitentes perenizados por água de açude como os rios Acaraú, Curu, Jaguaribe e Piranhas-Assu; as áreas de vales de rios perenes como o rio Parnaíba/Gurguéia e o rio São Francisco; as áreas de serras úmidas como a Ibiapaba, Araripe, Baturité e Borborema; as áreas secas de solos férteis como Irecê e serra do Apodi (FRANÇA, 2009).

De acordo com o mesmo autor em algumas dessas áreas se localizam os polos agroindustriais do semiárido com espaço áreas potencialmente aproveitáveis, com bom suprimento de recursos hídricos (água armazenada, água no subsolo, rio perene ou perenizado, dentre outros) e solos profundos, bem drenados, que podem ser explorados com tecnologia da irrigação. São áreas aptas a uma agricultura mais tecnificada, baseada na horticultura (fruticultura e olericultura) tropical, de modo a maximizar os recursos de solo e

água, com vistas à obtenção de altas produtividades, economicidade das explorações e estabilidade dos empreendimentos.

Segundo as publicações da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paranaíba (CODEVASF) Petrolina e Juazeiro formam um importante eixo agro-exportador da região Nordeste, mantendo eixos de ligação com países latino-americanos, Estados Unidos, países europeus e o Japão. As redes de comunicação entre Juazeiro e outros espaços do país é histórica, devido ao Rio São Francisco.

O Pólo Agroindustrial Petrolina/Juazeiro é formado pelos seguintes municípios: Petrolina, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista, Orocó, em Pernambuco; Juazeiro, Sobradinho, Casa Nova e Curaçá, na Bahia, afiguram-se como uma das áreas de desenvolvimento do complexo agroindustrial. O Pólo detém recursos naturais e vantagens comparativas significativas para a potencialização do seu crescimento e dinamização de toda a área sob sua influência, pelo que, tem atraído o interesse crescente de governos e de investidores privados, internos e externos, dos vários elos das cadeias produtivas (EMBRAPA, 2009).

O acelerado crescimento na produção agrícola irrigada vem transformando a referida microrregião a partir da década de 70, com a intensificação da implantação dos projetos de irrigação sob a coordenação da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paranaíba (CODEVASF). Atualmente, há cerca de 100 mil hectares irrigados, que incluem projetos públicos e privados, embora tenha um potencial que ultrapassa 220.000 ha (LACERDA & LACERDA, 2004).

Em contrapartida, conforme Baltrusis (2009) a partir dos anos 90 houve um crescimento econômico significativo, embora não tenha sido acompanhado pelo desenvolvimento social. Este desenvolvimento acentuou as disparidades da estrutura fundiária, composta de grandes propriedades detentoras das potencialidades agrícolas, as técnicas de irrigação e as pequenas propriedades, produtoras de produtos agrícolas para consumo local e regional, com estrutura produtiva tradicional.

Na Tabela 2, percebe-se que embora os valores do PIB sejam acentuados, os valores referentes ao índice de Gini e a incidência de pobreza revelam a grande concentração de renda e o verdadeiro contexto social.

A citada microrregião apresenta condições privilegiadas para a exploração da agricultura irrigada. Segundo Lacerda & Lacerda (2004) essas vantagens comparativas podem ser assim resumidas: disponibilidade de terra e de água de boa qualidade e em quantidade suficiente; mão-de-obra abundante; condições edafoclimáticas favoráveis; a alta insolação e a

baixa umidade relativa do ar contribuem para a redução da incidência de distúrbios fitossanitários, permitindo a obtenção de até 2,5 safras/ano, na fruticultura irrigada; existência de infraestrutura de exploração, resultante de elevado montante de investimentos em obras de irrigação.

Além da uva e da manga, os campos irrigados da região são cobertos por outras 47 diferentes culturas irrigadas, com destaque para banana, coco, goiaba e cítricas. A produção de grãos e culturas de ciclo curto são também exploradas com vistas ao atendimento do mercado consumidor interno e ao processamento agroindustrial, a exemplo do feijão, tomate industrial e de mesa, pimentão, melancia, melão e abóbora (EMBRAPA, 2007).

De acordo com dados divulgados do IBGE (2013), o PIB do município de Petrolina-PE e Juazeiro-BA juntos chegam a ultrapassar 5,3 bilhões. Petrolina ocupa a 7º posição dos municípios mais ricos em Pernambuco e Juazeiro ocupa a 15º posição na Bahia.

Os cultivos mais encontrados no Pólo Petrolina/Juazeiro são os da bananeira, cana-de-açúcar, cebola, coqueiro, feijoeiro, goiabeira, limoeiro, mamoeiro, mandioca, manga, maracujá, melancia, melão, tomateiro. A videira e a mangueira têm se revelado as mais promissoras, pela alta de produtividade e/ou pela técnica da irrigação (EMBRAPA, 2005).

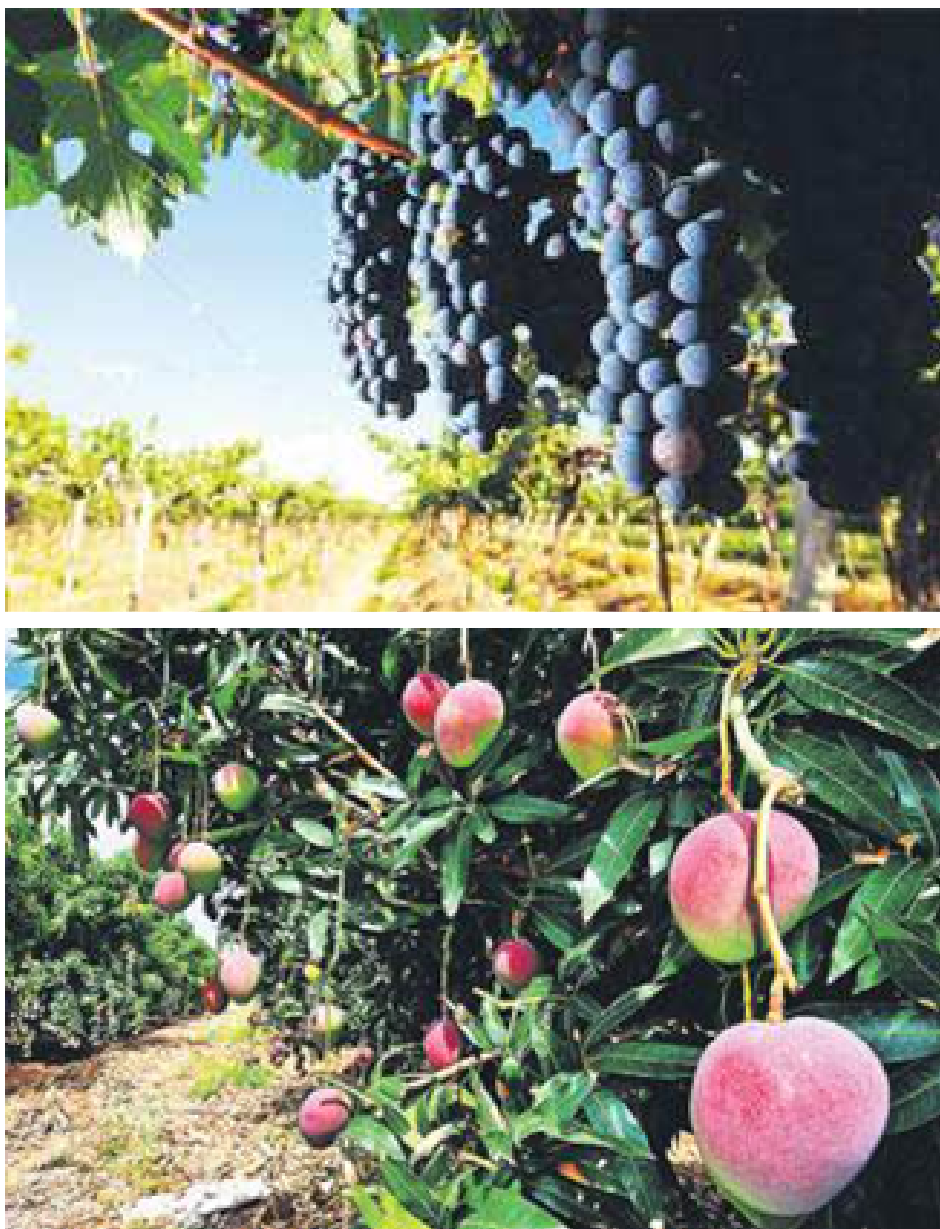
A pecuária compõe-se da criação de asininos, bovinos, caprinos, equinos, aves, muares, ovinos e suínos. No entanto, a ovinocaprinocultura tem sido promissora, embora a dinâmica dos três setores da economia do Pólo está vinculada à agricultura irrigada (BALTRUSIS, 2009).

Figura 4-Pólo de irrigação Petrolina-PE/Juazeiro-BA



Foto: Arquivo Embrapa Semiárido

Figura 5- Plantio de uva e manga no Perímetro Irrigado de Petrolina, PE/Juazeiro, BA .



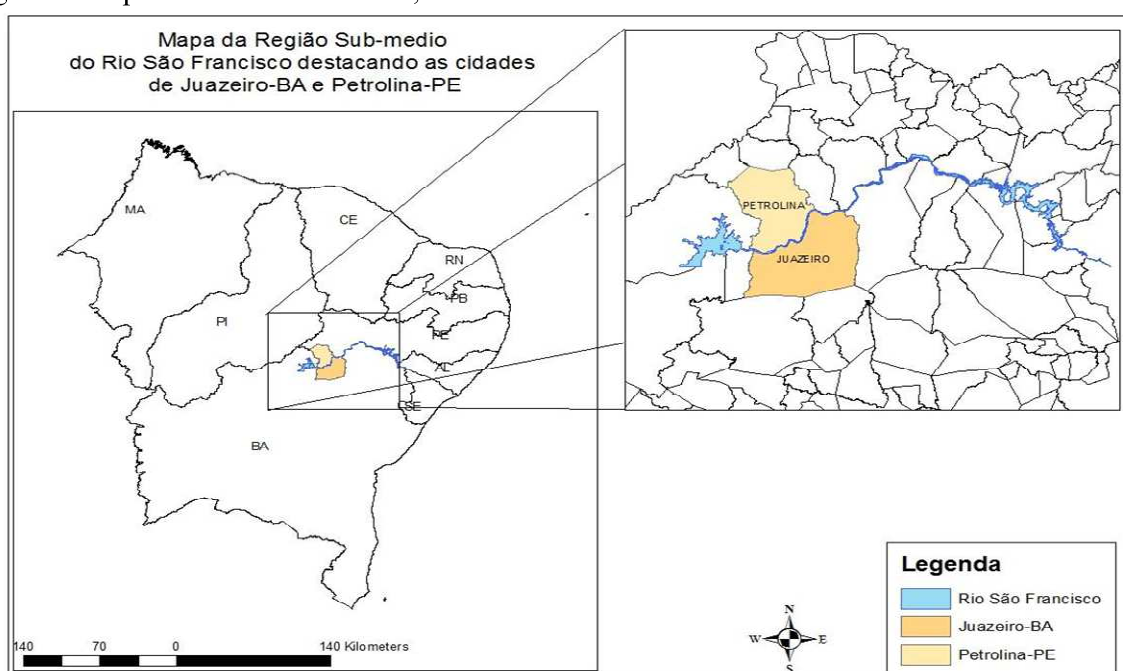
Fotos: Arquivo Embrapa SemiÁrido.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.4 Localização da área de estudo

A área experimental deste trabalho foi constituída por duas localidades do semiárido nordestino, Petrolina, no Estado de Pernambuco, latitude $09^{\circ} 09' S$, longitude $40^{\circ} 22' W$ e altitude de 376 m e Juazeiro, Bahia, latitude $09^{\circ} 24' S$, longitude $40^{\circ} 26' W$ e altitude de 371 m, como mostra a Figura 6.

Figura 6- Mapa no Nordeste da Brasil, destacando-se as localidades de Petrolina/ PE e Juazeiro/BA.



Fonte: Ministério da Integração Nacional, adaptado por Farias, 2012.

3.2 Procedimentos metodológicos

Para a efetivação deste estudo foram utilizadas as séries mensais e anuais de precipitação pluvial e temperatura do ar das localidades de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, correspondentes ao período: 1975/2013 extraídos diretamente do banco de dados da Embrapa semiárido, disponibilizado no site da Embrapa semiárido (<http://www.cpatosa.embrapa.br>).

As séries de dados mensais e anuais foram consistidas e analisadas usando-se critérios da estatística climatológica conforme descrições feitas, com maiores detalhes, nos artigos de Almeida (2012), Almeida & Farias (2014), Almeida, Freitas & Silva (2013).

Utilizando-se a distribuição de frequência, os dados pluviométricos foram arranjados em classes ou categorias, sendo determinados: os intervalos e a amplitude da classe, os pontos médios de cada classe, com as suas respectivas frequências e elaborado os histogramas e polígonos de frequência, mediante critérios estatísticos propostos por Almeida & Farias (2014).

O agrupamento dos dados mensais e anuais de precipitação pluvial foi feito usando a distribuição de frequência e obedecendo à sequência cronológica. Em seguida, determinaram-se as medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação).

O critério utilizado para o estabelecimento da estação chuvosa foi o da sequência de meses com os maiores valores médios mensais de cada localidade, os anos mais chuvosos (maior total anual) e mais secos (menor total anual) referentes a toda série de cada localidade.

As variabilidades temporais da precipitação pluvial, na estação chuvosa, anual e/ou por décadas, foram calculadas com base nas respectivas médias, comparando-se os totais observados, em cada uma das escalas temporais, com a média da série \pm o desvio padrão (DP), para cada localidade. Maiores detalhes dessa metodologia encontra-se no artigo de Almeida (2013).

Constatado que o modelo de distribuição de chuvas é assimétrico, a medida de tendência central utilizada foi à mediana e, portanto, adotada para estabelecer a estação chuvosa e os demais períodos de análises.

Para monitorar os índices de seca meteorológica foram utilizadas seis metodologias distintas descritas nos Índices quantificadores de secas, a saber: 1) de Porcentagem Normal (IPN), 2) de aridez de Martone (IAM), 3) de Anomalia de Chuva (IAC), 4) de chuva de Lang (ICL), 5) Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM) e 6) de Aridez de Thornthwaite (IAT), cujas equações e critérios serão descritos a seguir.

a) Índice de porcentagem normal (IPN) foi determinado conforme metodologia proposta por Sayari et al. (2013) mediante a expressão:

$$IPN = \frac{P_{atual}}{P_{média}} \times 100$$

b) Índice de aridez de Martone (IAM) foi calculado pela equação proposta por Martone (1926), pela seguinte equação:

$$IAM = \frac{P}{tmed - 10}$$

c) Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi determinado mediante a fórmula adotada por Rooy (1965), com adaptações feitas para as anomalias positiva e negativa:

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas.}$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas.}$$

Sendo: P (atual) = precipitação atual (mm);

P (média) = precipitação média (mm).

P = precipitação anual (mm);

$tmed$ = temperatura média anual (° C).

N = precipitação observada (mm);

\bar{N} = precipitação média da série histórica (mm);

\bar{M} = média dos dez maiores valores de precipitações da série histórica (mm) e

\bar{X} = média dos dez menores valores de precipitações da série histórica (mm).

As adaptações de procedimentos metodológicos aplicadas nas equações originais de Rooy (1965) e Freitas (2004, 2005), para o cálculo do IAC, consistiram em selecionar os anos e os meses com valores acima (anomalia positiva) e abaixo da média (anomalia negativa), evitando-se, assim, erros ao aplicar nas equações com as respectivas descrições.

d) o Índice de chuva de Lang (ICL) relaciona a precipitação pluvial com a temperatura é o Índice expresso na equação:

$$ICL = \frac{P}{T}$$

Sendo: P = precipitação anual(mm);

T = temperatura média anual (° C).

e) Índice Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM). Em virtude do modelo de distribuição de chuva ser assimétrico, o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) proposto por McKee, Doesken e Kleist (1993), foi modificado por Almeida & Silva (2008), substituindo a média pela mediana, de acordo com a seguinte expressão:

$$SPIM = \left(\frac{P - Med}{Dp} \right)$$

Sendo: P = precipitação pluvial mensal ou anual, em mm;

Med = mediana mensal ou anual da chuva, em mm;

Dp = desvio padrão da média da chuva, em mm.

As categorias de umidade ou de secas foram estabelecidas a partir dos valores do SPIM estabelecidas por Almeida & Silva (2008).

f) Índice de Aridez de Thornthwaite (IAT) foi calculado com base na relação entre a precipitação média da série e a evapotranspiração potencial, mediante a equação:

$$IAT = \frac{P}{ETP} \cdot 100$$

Sendo: P= precipitação média mensal (mm);

ETP= evapotranspiração potencial mensal (mm).

A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948), conforme metodologia proposta por Almeida (2011).

As categorias de umidade e/ou de secas resultantes dos índices de secas discriminados como de porcentagem normal (IPN) e de chuva de Lang (ICL); de Anomalia de Chuva (IAC) e de chuva de aridez de Martone (IAM) e os de Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM) com o de Aridez de Thornthwaite (IAT) são mostrados, respectivamente, nas Tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3- Categorias de umidade e/ou de seca enquadradas mediante os índices da porcentagem normal (IPN) e de chuva de Lang (ICL).

IPN	Classificação	ICL	Classificação
IPN > 90,0 %	Normal	>160	Úmido
70 % < IPN < 89,9 %	Seca suave	160 a 100	Úmido Temperado
50 % < IPN < 69,9 %	Seca moderada	100 a 60	Temperado quente
30 % < IPN < 49,9 %	Seca severa	60 a 40	Semiárido
IPN < 30%	Seca extrema	0 a 40	Árido

Tabela 4- Categorias de umidade e/ou de seca enquadradas mediante os índices de anomalia de chuva (IAC) e de chuva de aridez de Martone (IAM).

IAC	Classificação	IAM	Classificação
$IAC \geq 4,0$	Extremamente úmido	IAM ≥ 60	Acima do normal
$2,0 \leq IAC < 4,0$	Muito Úmido	$30 \leq IAM < 60$	Úmido
$0,0 \leq IAC < 2,0$	Úmido	$20 \leq IAM < 30$	Abaixo do normal
$-2,0 \leq IAC < 0,0$	Seco	$15 \leq IAM < 20$	Semiárido
$-4,0 \leq IAC < -2,0$	Muito seco	$5 < IAM < 15$	Árido
$IAC \leq -4,0$	Extremamente seco	$0 < IAM < 5$	Extremamente árido

Tabela 5- Categorias de umidade e/ou de seca enquadradas mediante os índices padronizado de precipitação modificado (SPIM) e de aridez de Thornthwaite (IAT).

SPIM	Classificação	IAT	Classificação
$SPIM \geq 2,00$	Extremamente úmido	0-16,7	Pequena ou nenhuma deficiência de água
$1,50 < SPIM < 1,99$	Muito úmido	16,7 -33,3	Deficiência moderada de água
$1,00 < SPIM < 1,49$	Moderadamente úmido	>33,3	Grande deficiência de água
$0,99 < SPIM < 0,99$	Próximo ao normal		
$-1,00 < SPIM < 1,49$	Moderadamente Seco		
$-1,50 < SPIM < -1,99$	Muito Seco		
$SPIM \leq -2,0$	Extremamente seco		

Fonte: Embrapa (2009), adaptado por Farias (2014) .

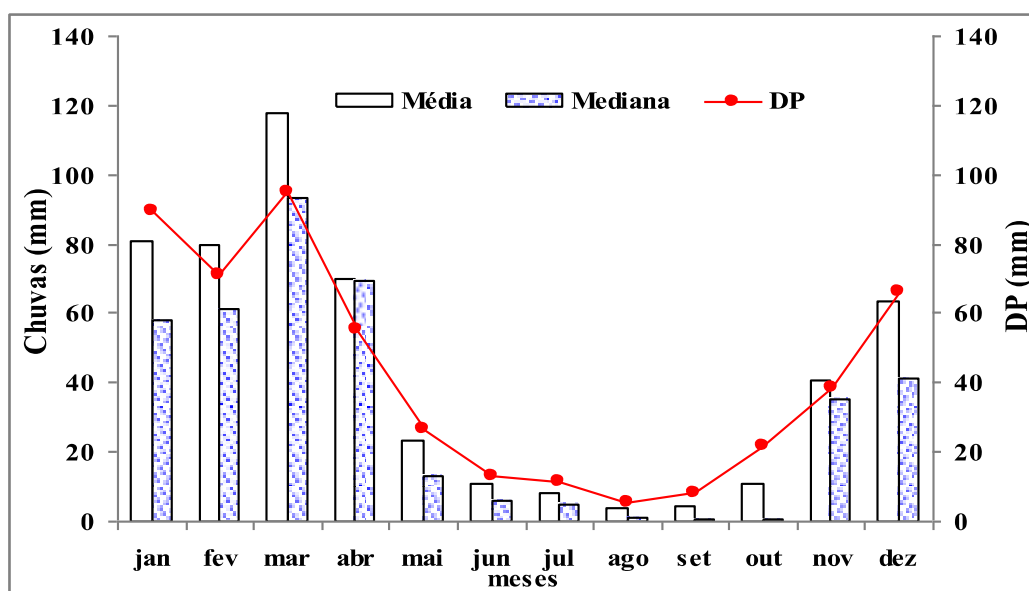
Os cálculos dos regimes pluviais e dos índices de monitoramento de secas, as análises estatísticas, elaboração de gráficos foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características do regime pluvial de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA)

As médias mensais da média, mediana e desvio padrão (DP) da chuva das localidades de Petrolina e Juazeiro, são mostrados, respectivamente, na Figura 7 e 8. Observa-se que, as médias aritméticas mensais estão sempre associadas a uma elevada dispersão (DP), mostradas através dos respectivos desvios padrão da média.

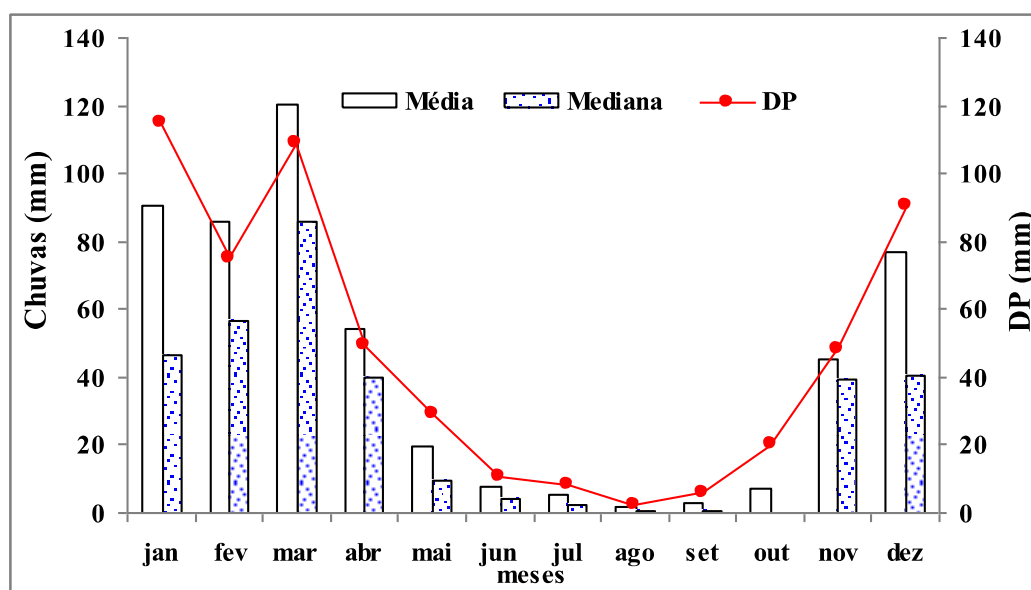
Figura 7- Médias mensais das médias, medianas e desvio padrão da precipitação pluvial. Petrolina, PE, médias do período: 1975/2013.



Fonte: Elaborada pela autora

Quando se compara uma localidade com outra (Figuras 7 e 8), constata-se que não há praticamente diferenças visíveis no modelo de distribuição mensal de chuvas, tanto na quantidade quanto na distribuição ao longo do ano. No entanto, quando se analisa isoladamente cada local, verifica-se uma irregularidade mensal na distribuição de chuvas tanto para a Petrolina quanto em Juazeiro, quantificadas através dos elevados desvios padrão, sendo superiores a média esperada da série no período de maio a janeiro, ou seja, por nove meses. Embora a diferença no DP seja inferior a 5,0 %, o coeficiente de variação da chuva anual de Juazeiro representa 41,3 % do valor da média esperada, contra 37,0 % para Petrolina.

Figura 8- Médias mensais das médias, medianas e desvio padrão da precipitação pluvial. Juazeiro,BA, médias do período: 1975/2013.



Fonte: Elaborada pela autora

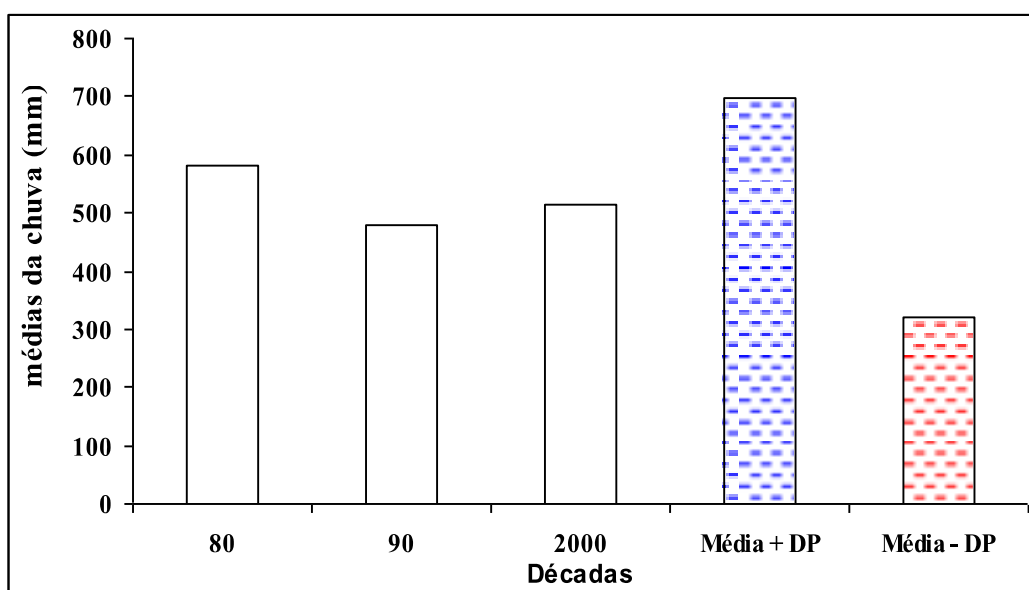
Numa simples visualização nas Figuras 7 e 8, nota-se que, as médias mensais das médias são superiores as da mediana. As curvas formadas por essas duas medidas de tendência central mostram que a distribuição de chuva é assimétrica e o coeficiente de assimetria de Person é positivo. Para esse tipo de modelo de distribuição, a média passa a não ser o valor mais provável de ocorrer. Por isso, deve-se adotar a mediana como medida de tendência central, em vez da média, o que corrobora com os resultados encontrados para outras localidades por Almeida & Gomes (2011), Almeida (2012), Oliveira, Nóbrega & Almeida (2012).

Consta-se, também, que a estação chuvosa, em ambas as localidades, se concentra de janeiro a março, com a pré-estação a partir de novembro-dezembro e a pós-estação em abril (Figuras 7 e 8). O acumulado nesse período é de 69,7 % para Petrolina, contra 75,4 % para Juazeiro. Além da quantidade, há diferenças, também, na duração e distribuição, quando comparadas entre si, embora distante, em linha reta, de menos de 20 km, com base no local de coleta de dados (estações meteorológicas).

Essa característica no regime pluvial parece ser frequente no semiárido nordestino, onde a variabilidade ocorre tanto na forma espacial quanto temporal, resultados esses que concordam como os obtidos por Almeida (2012) para o semiárido paraibano, ou seja, da inversão do valor quantitativo da chuva e do desvio padrão.

As médias de precipitação pluvial, por décadas, comparadas com a média + o desvio padrão e a média - o desvio padrão são mostradas nas Figuras 9 e 10. Comparando-se os totais dos respectivos períodos e/ou locais, constata-se que a há pequena diferença na quantidade, as vezes desprezível, quando se compara a década mais e/ou a menos chuvosa. A década de 80 foi a mais chuvosa em Petrolina, com uma média de 583 mm, embora em Juazeiro tenha sido a de 2000 (média de 574 mm), ou seja, com diferença de apenas 1,6 %. A década de 90 foi coincidentemente a mais seca, em ambas as localidades, com diferença entre si de 5,2 %. Essa sequência temporal encontrada na décadas mais seca (90) e a mais chuvosa (00) coincidem com as décadas encontradas por Farias & Vieira & Almeida (2013) em varias outras localidades do semiárido paraibano.

Figura 9- Médias anuais por décadas da precipitação pluvial em relação à média desvio padrão de Petrolina, PE, médias do período: 1975/2013.



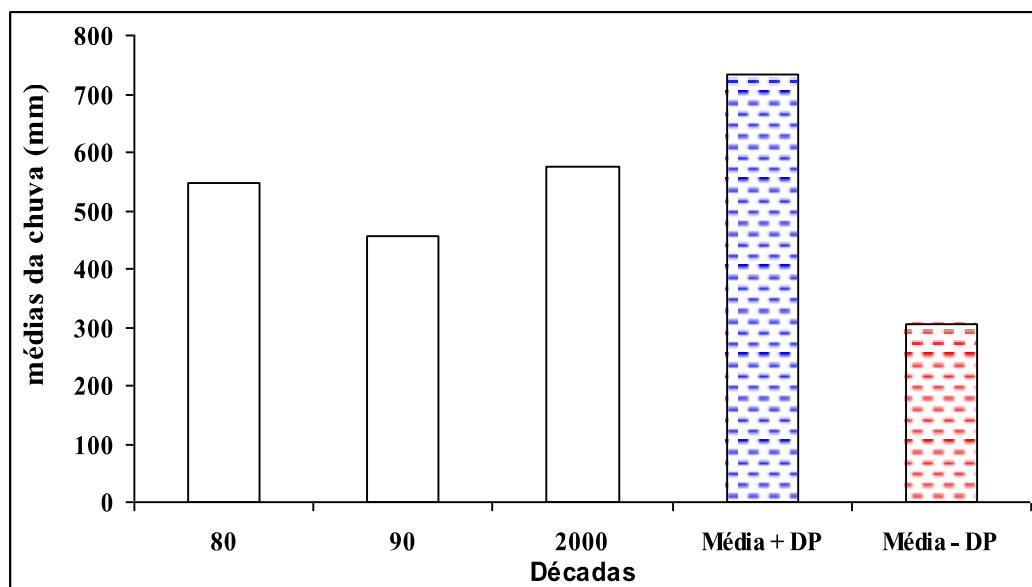
Fonte: Elaborada pela autora

Destaca-se, ainda, que a década de 80, mais precisamente em 1985, foi o ano mais chuvoso em ambas as localidades, e 2012 e 1993 o mais seco, nas respectivas localidades, ou seja, 107,2 mm (Petrolina) e de 150,9 mm (Juazeiro).

Para um melhor entendimento das flutuações climáticas, é necessário entender os conceitos de variabilidade e mudança climática. É importante lembrar que ao estudar o clima, a escala de tempo é de no mínimo 30 anos, podendo ser prolongada às escalas tão grandes, como as das eras geológicas. A variabilidade climática é uma variação das condições

climáticas em relação à média climatológica. Já, a mudança climática é um termo que designa uma tendência de alteração da média no tempo.

Figura 10- Médias anuais por décadas da precipitação pluvial em relação à média e desvio padrão de Juazeiro, BA, médias do período: 1975/2013.

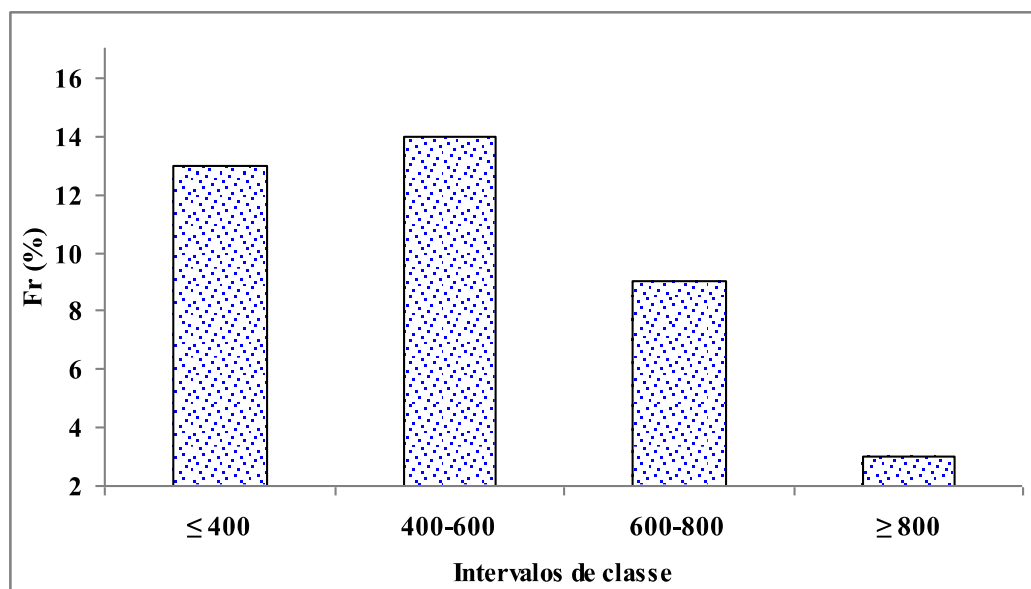


Fonte: Elaborada pela autora

Para averiguar se há ou não indício de variabilidade ou de mudança climática, associou-se as análises das médias das décadas, o desvio padrão da média da série. O confronto da média decadal com a média da série e o desvio padrão, como mostra as Figuras 9 e 10, revela que não houveram valores médios observados, em qualquer uma das três décadas analisadas, superiores a média da série + o desvio padrão. Isso demonstra, portanto, que as dispersões observadas nos dados pluviais se enquadram como sendo variabilidade e não como mudança.

Análises de frequências dos totais anuais de precipitação pluvial, para quatro intervalos de classes, e seus respectivos histogramas são apresentadas nas Figuras 11 e 12. Percebe-se que, dos 39 anos de dados de chuvas analisados para Petrolina (Figura 11), treze anos choveram abaixo de 400 mm (33,3 %) e conseqüentemente 66,7 % acima deste. O intervalo de classe compreendido entre 400 e 600 mm/anual foi o que ocorreu com maior frequência (36,0 % dos anos estudados), seguido por nove anos (23,1 %) entre 600 e 800 mm e de 7,7 % dos anos que choveram acima de 800 mm.

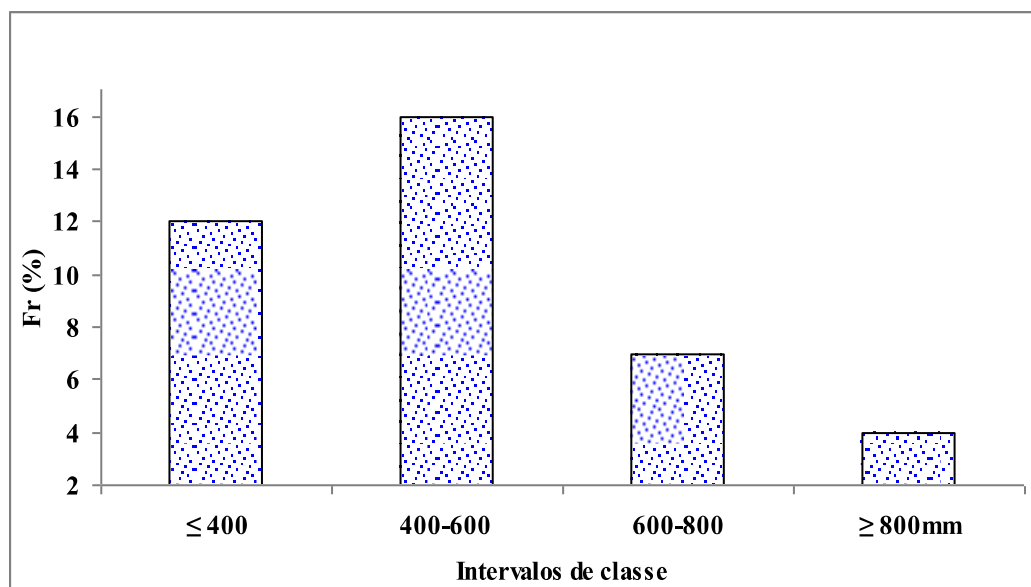
Figura 11- Histograma de frequência dos totais anuais de precipitação pluvial, por intervalos de classe, em Petrolina, PE, médias do período: 1975/2013.



Fonte: Elaborada pela autora

Empregando-se a mesma sistemática para Juazeiro, BA, nota-se (Figura 12) uma pequena diferença nos valores dos histogramas de frequências, ou seja, no modelo de distribuição de chuvas.

Figura 12- Histograma de frequência dos totais anuais de precipitação pluvial, por intervalos de classe, em Juazeiro, BA, médias do período: 1975/2013.



Fonte: Elaborada pela autora

Verifica-se que no mesmo período de dados de chuvas analisados de Petrolina (39 anos), doze anos choveram abaixo de 400 mm (30,7 %) e conseqüentemente 69,3 % acima. No polígono de 400 a 600 mm, a frequência de ocorrência foi 41,0 % dos anos, enquanto que nos de 600 a 800 mm e maior que 800 m foram, respectivamente, de 17,9 e 10,2 %. Ao comparar um local com outro, ou seja, Petrolina, PE, com Juazeiro, BA, mesmo distante (do local da observação) inferior a 20 km há uma diferença no regime pluvial.

Essa distinção no modelo anual de chuvas no semiárido nordestino sempre caracterizado pela irregularidade temporal e espacial confirma com os resultados encontrados por Almeida & Silva (2004); Almeida & Pereira (2007); Almeida & Gomes (2011); Almeida (2012) na maioria das microrregiões geográficas do estado da Paraíba.

4.1.1 Variabilidade sazonal da precipitação pluvial

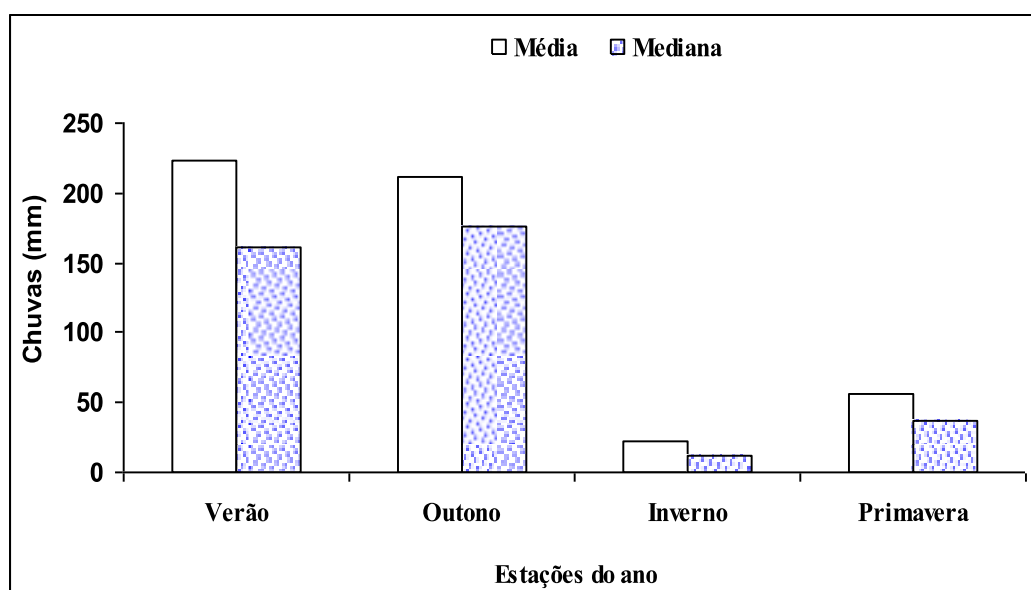
A precipitação pluvial é, sem dúvida, a variável meteorológica mais importante no semiárido nordestino. A baixa quantidade e a irregularidade na distribuição temporal têm sido um dos fatores limitantes para o desenvolvimento e à estabilização da produção agrícola de sequeiro.

Análises do comportamento das séries pluviais, visando destacar possíveis periodicidades, são fundamentais para o planejamento de inúmeras atividades agrícolas, econômicas, sociais e hidrológicas. De modo geral, a variabilidade da precipitação anual é bem característica da estação do ano, sendo marcante essa dispersão em latitudes médias entre as estações do ano.

Ressalte-se que tanto a duração e a quantidade da estação chuvosa, têm uma relação com a posição da zona de convergência intertropical ao sul da linha do Equador, entre o meado/final do verão e início do outono, ou seja, de fevereiro-março e abril quando coincide com o período de chuvas com maior intensidade. Esses resultados confirmam a influência da ITCZ na estação chuvosa no semiárido nordestino citados por vários autores, dentre eles, Uvo (1989); Xavier et al., (2000); Coelho, Gan & Conforte (2004).

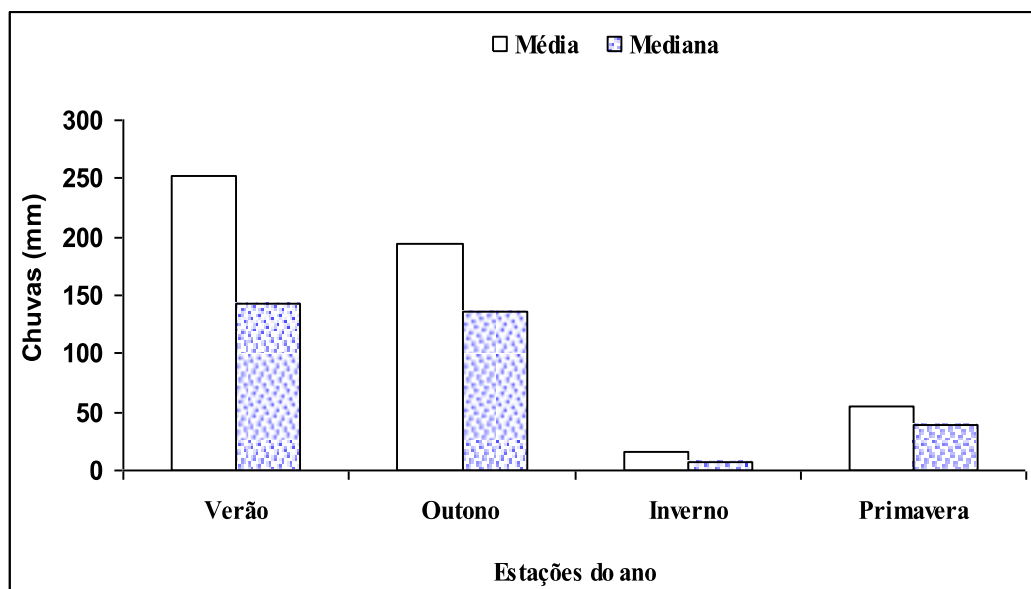
Neste contexto, as Figuras 13 e 14 resumizam os quantitativos de chuvas, usando-se as medidas de tendência central- médias e medianas- nas quatro estações do ano. Observa-se que, o período chuvoso, nas duas localidades, ocorre no verão e outono, quando chove o equivalente a 86 % do total anual, para Petrolina, e de e 91 % para Juazeiro. De forma algébrica, os 14 e 9 % restantes são acumulados nas duas estações: inverno e primavera.

Figura 13- Médias e medianas por estações de ano da precipitação pluvial da localidade de Petrolina, PE, médias do período: 1975/2013.



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 14- Médias e medianas por estações de ano da precipitação pluvial da localidade de Juazeiro, BA, médias do período: 1975/2013.



Fonte: Elaborada pela autora

Como pode ser verificado em ambas as Figuras, o inverno é a estação de ano que coincide com a época seca. Embora as estações do ano sejam caracterizadas pela maior ou menor disponibilidade de energia e não pela ocorrência ou falta da chuva, ou seja, maior

disponibilidade (verão) e menor (inverno). As médias acumuladas de chuva no inverno, em ambos os locais, não ultrapassa 25 mm.

Essa característica do regime pluvial, especialmente, o de chover mais no verão concorda com a identificação feita por Kousky (1979) em que há três diferentes regimes de chuvas no nordeste brasileiro; no norte desta região, a estação chuvosa ocorre de março a maio, no sul e sudeste de dezembro a fevereiro e no leste de maio a julho.

A variabilidade da precipitação em várias regiões do globo terrestre evidencia a vulnerabilidade do homem ao risco desse elemento do clima, demonstrando, portanto, a necessidade de caracterizar a climatologia da chuva, de melhorar a previsão de sua ocorrência e, conseqüentemente, planejar o uso correto de medidas mitigatórias.

Neste sentido, há vários indicadores que podem ser usados para quantificar e comparar a seca, em base temporal e espacial, usando-se para isso índices de seca. Como não existe uma definição universal para definir a seca, há distintas metodologias de índices de seca, como apresentado a seguir.

4.2 Índices de seca meteorológica

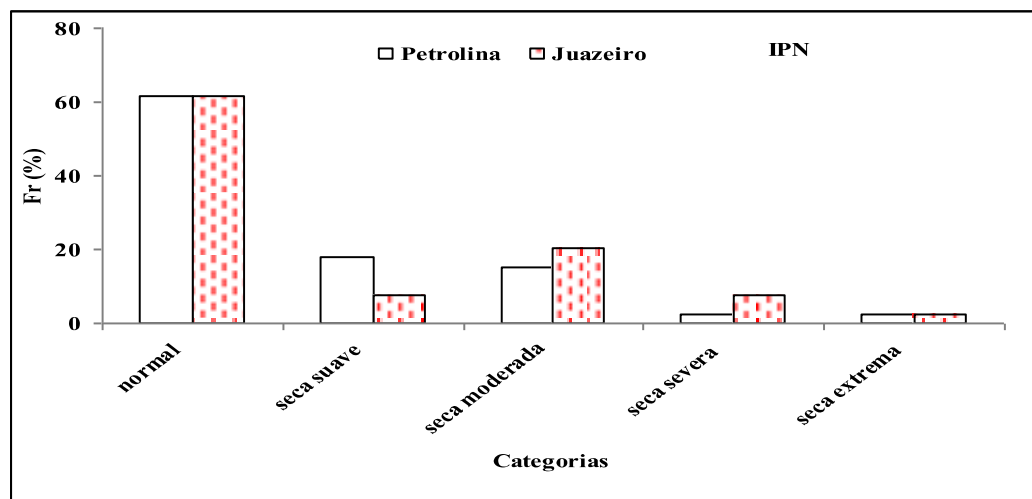
O déficit entre a precipitação pluvial observada e a esperada e/ou entre a precipitação e a evapotranspiração expressa a seca meteorológica, que influencia de forma negativa o desenvolvimento socioeconômico do semiárido e, em particular, a microrregião do médio São Francisco, representada pelas localidades de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.

Para investigar o fenômeno da seca nas escalas espacial e temporal foram utilizados seis índices meteorológicos, em cujas equações empíricas envolvem um conjunto de variáveis meteorológicas tais como: precipitação, temperatura do ar e evapotranspiração denominados de: índices: da Porcentagem Normal (IPN), de aridez de Martone (IAM), de Anomalia de Chuva (IAC), de chuva de Lang (ICL), Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM) e o de Aridez de Thornthwaite (IAT).

As frequências relativas dos índices de porcentagem normal (IPN), para cada uma das respectivas categorias de secas, para as citadas localidades, são apresentadas na Figura 15. Observa-se que a categoria de seca denominada, por este índice, de normal teve igual frequência (61,5 %) tanto para Petrolina quanto Juazeiro. No entanto, nos demais tipos de secas houvera diferença entre si, ou seja, se enquadraram, respectivamente, com frequência de 17,9 e 7,7 % dos anos como sendo de seca do tipo suave; 15,4 e 20,5 % de moderada, 2,6 e

7,7 % de severa e 2,6 % (ambas) de extrema. Essas diferenças encontradas nas frequências de anos com um determinado tipo de seca demonstram, de forma clara, que essa diferença não deve somente a descrição, mas a magnitude e/ou a duração, ou seja, o que concorda que a percepção da seca não é única.

Figura 15- Frequência relativa do índice de porcentagem normal (IPN), para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.



Fonte: Elaborada pela autora

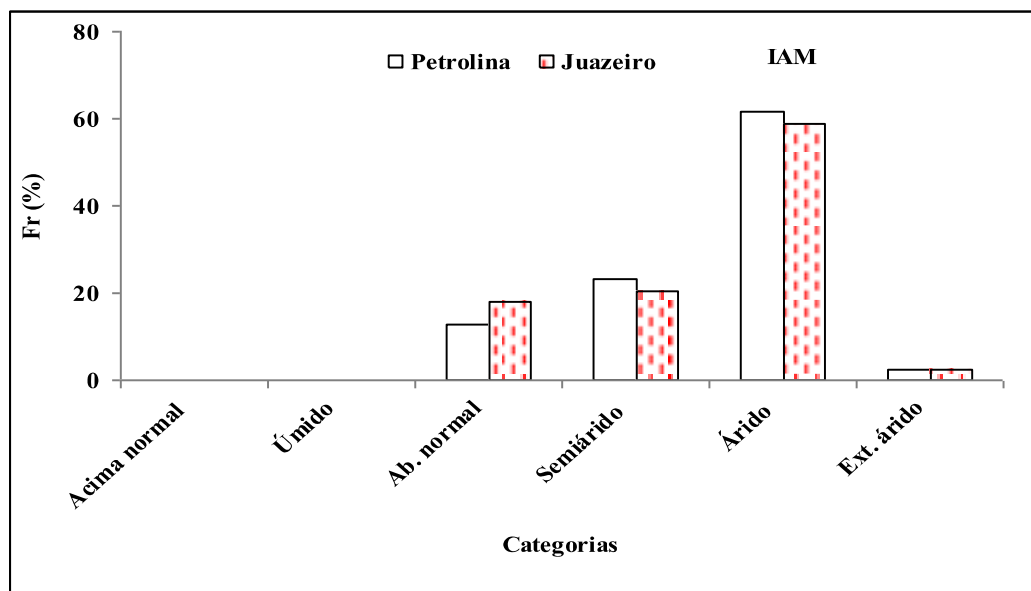
Analisando-se os procedimentos metodológicos do índice de porcentagem normal, para o estabelecimento da categoria seca suave, acredita-se que deveria ser agrupada ao tipo normal. Esse argumento concorda, em parte, com Souza et al.(2005), que ao compararam os anos com precipitações acima e abaixo dos limites do desvio padrão da série, tanto para os anos chuvosos quanto para os menos chuvosos, os classificaram como sendo “normais”, por que as oscilações foram dentro do intervalo do desvio padrão da série.

As Figuras 16 e 17 expressam, respectivamente, as frequências relativas, por categorias de seca, oriundas dos índices de seca meteorológica estabelecido por Martone (IAM) e de Lang (ICL). Em síntese, verifica-se que a categoria de Árida, pelo índice de Martone, foi constatada em 61,5 % dos anos de Petrolina e de 59,0 % dos de Juazeiro, seguidos, respectivamente, por 23,1 e 20,5 % como sendo semiárido e de 12,8 e 17,9 % na categoria abaixo do normal. Destaca-se, ainda, que mesmo no ano mais chuvoso não se enquadrou na categoria úmida.

Com relação ao critério de classificação proposto por Lang, observa-se (Figura 17) que em quase a totalidade dos anos analisados, para ambas as localidades, predominou na classificação de árido. Numa simples comparação entre esses dois índices, percebe-se que há

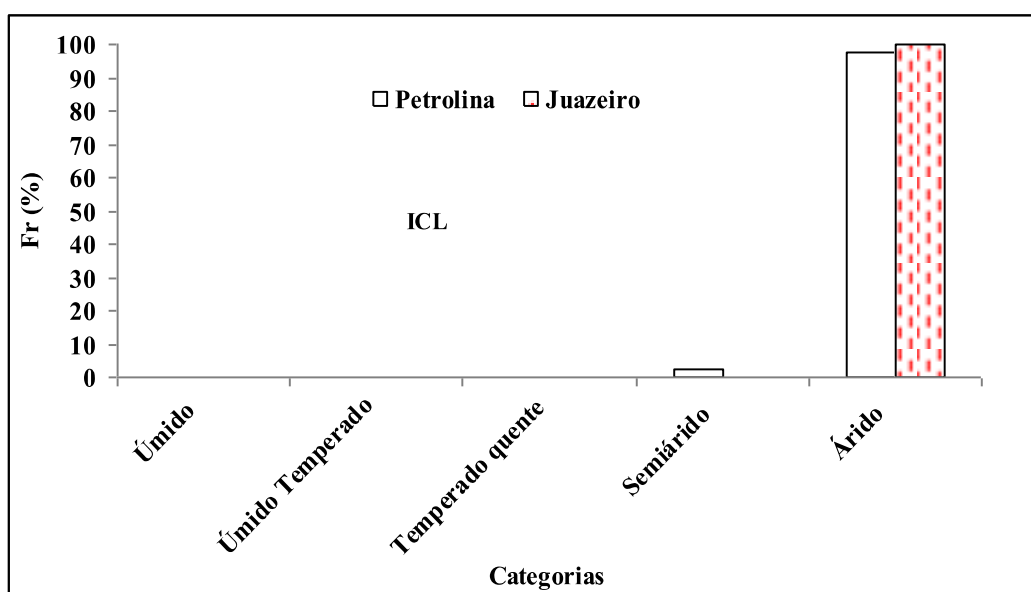
convergência em algumas classes de clima seco, especialmente, nas denominada de árida ou semiárida.

Figura 16- Frequência relativa do índice de aridez de Martone (IAM), para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 17- Frequência relativa do Índice de chuva de Lang (ICL), para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.



Fonte: Elaborada pela autora

Como esses dois índices envolvem além da precipitação pluvial a temperatura média do ar, na escala anual, Guedes et al. (2012) relataram que há diferenças nas nomenclaturas. Assim, a nomenclatura de semiárido, por exemplo, coincidiu com 2,6 % dos anos como sendo os mais secos de cada localidade. Por isso, quanto mais baixo for o valor do(s) índice(s), mais árido é o clima, o que concorda com a afirmação feita por (DAJOZ , 1978).

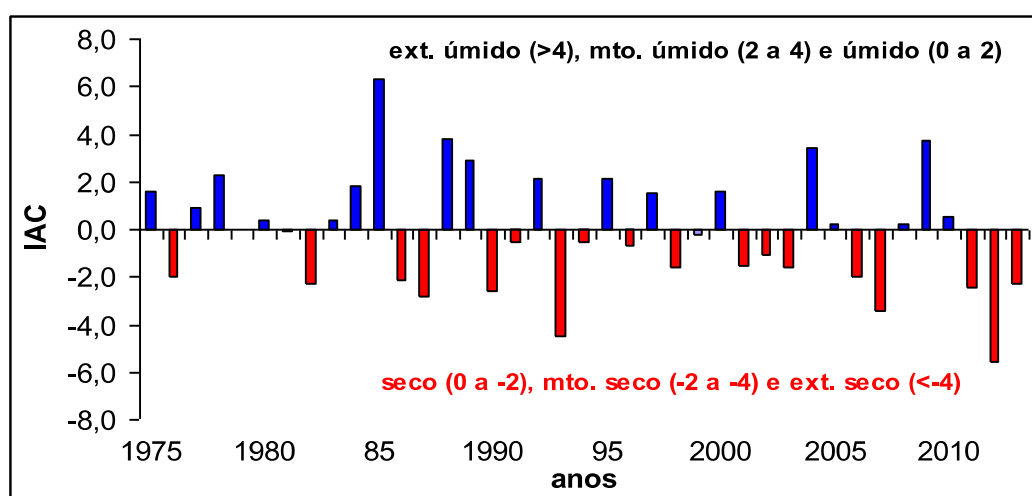
Neste contexto, constatou-se que os menores valores do IAM ou ICL foram nos anos menos chuvosos (1993 e 2012), ou seja, anos em que a percepção de aridez, em ambas as localidades, ficou mais evidente. No entanto, o uso de outros índices nem sempre detecta essa mesma condição, em função dos procedimentos metodológicos inerentes a cada índice.

A categoria de seca temperada quente, que antecede a de semiárido, pela metodologia de Lang descrita pela Embrapa (2009), só ocorre se houver uma precipitação três vezes maior que a média esperada e temperatura média anual de 26,1 ° C.

Destaca-se, ainda, que o enquadramento na categoria de clima árido tanto pelo índice de chuva de Lang quanto por índice de aridez de Martone não expressam as condições reais de classificação climática, dessas duas localidades, que são de clima semiárido e, portanto, corrobora com a mesma afirmativa feita por Araújo et al.(2008), ao estudaram esses índices para algumas localidades do semiárido paraibano.

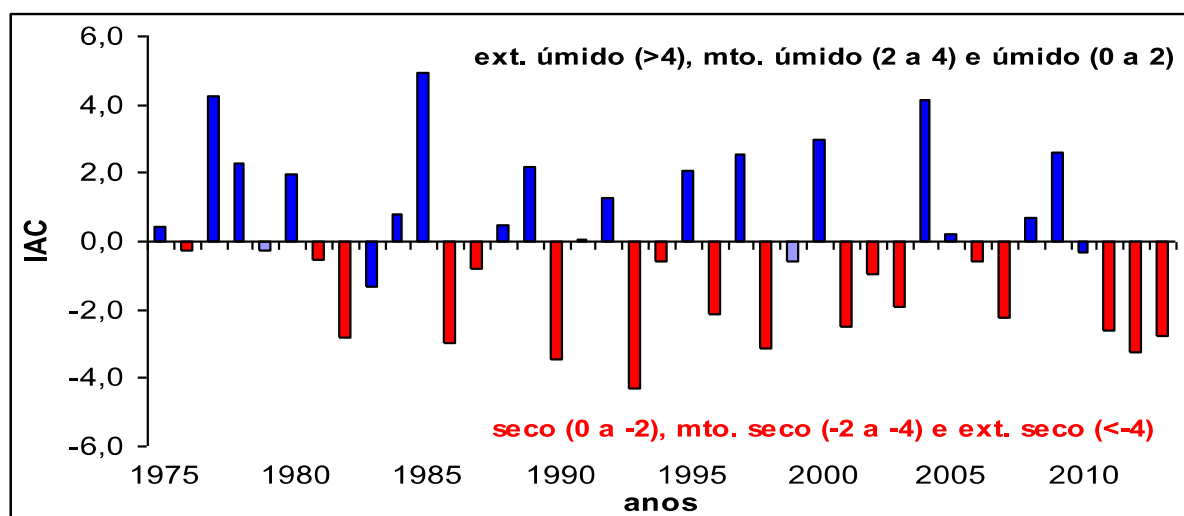
Os índices de anomalia de chuva (IAC), identificados, individualmente, por anomalias positivas, ou seja, os anos úmidos ou chuvosos (retângulos na cor azul) e negativas, para os anos secos (retângulos vermelhos), para Petrolina e Juazeiro, são apresentados nas Figuras 18 e 19.

Figura 18- Valores dos índices de anomalia de chuva (IAC), para as respectivas classes de intensidade de categorias da seca, para Petrolina, PE.



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 19- Valores dos índices de anomalia de chuva (IAC), para as respectivas classes de intensidade de categorias de secas, para Juazeiro, BA.



Fonte: Elaborada pela autora

Os quantitativos de anormalidade negativos foram um pouco maiores que os positivos, com 53,8 e 56,4 % contra 46,2 e 43,6 % dos anos, respectivamente. Observa-se (Figura 18), também, cinco pares de anos sequências com anomalias negativas (1981-82; 86-87; 90- 91; 93-94 e 98-1999) e dois com três anos seguidos (2001-03 e 2011-13).

Adotando-se o mesmo procedimento para Juazeiro (Figura 19), constata-se um quantitativo diferenciado, ou seja, houvera quatro pares de anos juntos (1986-87; 93-94; 98-99 e 2006-07), dois com três (1981-83; 2001-03) e um com quatro (2010-13), indicando, respectivamente, chuvas observadas, nesses citados anos, inferiores à média esperada. Por esse índice de anomalia de chuva, a frequência de secas em Juazeiro é um pouco maior que em Petrolina tanto na forma temporal sequencial quanto na sua permanência.

Fazendo análises semelhantes para as condições de anomalias positivas, que foram um pouco menores que as negativas, como podem ser observadas na Figura 18, há cinco sequência continua de anos com essas condições, sendo três com pares seguidos (1977-78; 88-89 e 2004-05) e dois com três (1983-85 e 2008-10). Já, para Juazeiro (Figura 19), nota-se sequenciamentos de seis anos seguidos com IAC positivo (1977-78; 84-85; 88-89; 91-92; 04-05 e 2008-09).

Destaca-se, ainda, que, para a condição extrema, ou seja, o ano mais chuvoso (1985) e/ou o mais seco (1993 ou 2012), que equivalem às anomalias (positiva e negativa), para ambas as localidades, os valores numéricos do IAC correspondem, respectivamente, ao máximo e mínimo, embora eles não sejam iguais entre si.

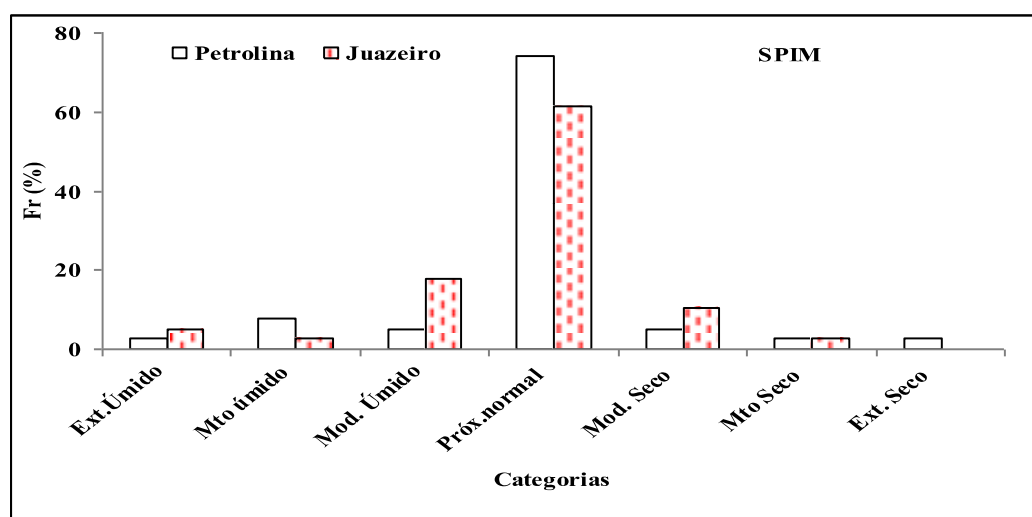
Comparando-se esses resultados com os encontrados por Farias, Vieira & Almeida (2013), para identificar os anos mais secos e/ou mais chuvoso para algumas localidades da microrregião do Cariri Oriental paraibano, há certa semelhança do ponto de vista do quantitativo de anos enquadrados como sendo extremamente secos e extremamente chuvosos.

Os resultados encontrados com o uso dos índices de anomalia de chuva, para a referida microrregião do médio São Francisco, se mostraram uma “ferramenta” eficaz para monitorar a variabilidade da chuva e/ou o fenômeno da seca e, portanto, corroboram com as afirmações encontradas por (FREITAS, 2004; GONÇALVES et al., 2006 e Da SILVA, 2009).

Muito embora a causa primária da seca resida na insuficiência ou irregularidade das precipitações pluviais, existe uma sequência de causas e efeitos que resulta em vários e diferentes tipos de secas. Todavia não se pode afirmar que o ano mais seco, do ponto de vista hidrológico, seja o mesmo de uma seca agrícola ou vice-versa, por que a seca resulta de um conjunto de variáveis, dentre elas, os escoamentos superficial e subterrâneo e o armazenamento de água, ou seja, de várias formas como explicitou (YEVJEVICH, 1972).

O índice padronizado de precipitação é um dos mais utilizado para diagnosticar o fenômeno da seca. As frequências relativas, em %, para as respectivas sete categorias de secas, para Petrolina e Juazeiro, são mostradas na Figura 20.

Figura 20- Frequência relativa do índice padronizado de precipitação modificado (SPIM), para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.



Fonte: Elaborada pela autora

Observa-se (Figura 20) que a categoria predominante enquadrada como próximo ao normal, teve um percentual de repetição de 74,4 % dos anos analisados para Petrolina e de

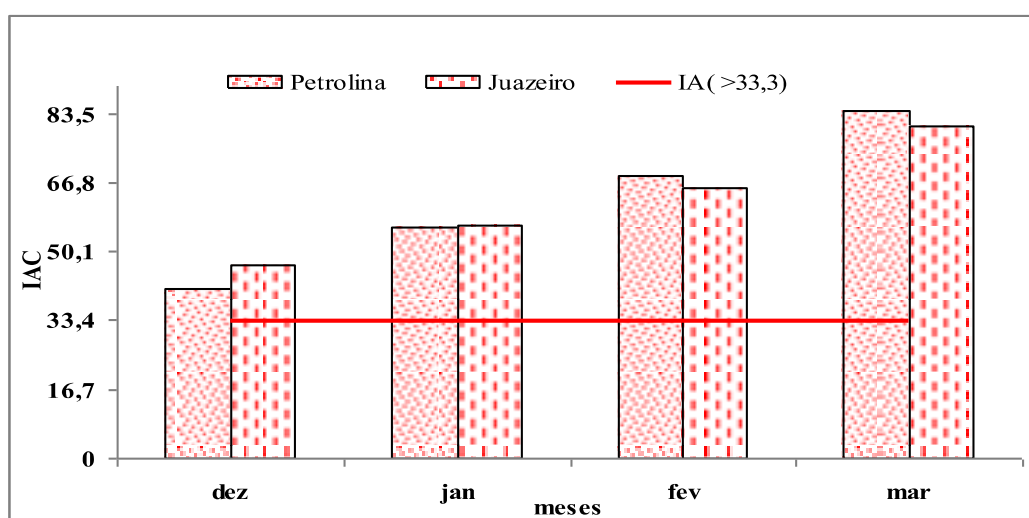
61,5 % dos de Juazeiro. Nota-se que para esse índice (SPIM) houve registro de frequência para todos os anos estudados, exceto Juazeiro para a classe extremamente seca.

Como já relatado anteriormente, o ano mais chuvoso, em ambas as localidades, foi 1985, com 1023,5 mm, em Petrolina, e 997,8 mm, em Juazeiro. Contudo, quando se compara o valor do índice padronizado de precipitação modificado de Petrolina, no ano de 1993, com o de Juazeiro, em 2012, que choveram 187,8 e 243,3 mm, respectivamente, os SPIMs foram de -1,66 e -1,17, ou seja, o índice não é um indicativo linear e, conseqüentemente, depende muito da dispersão da série (desvio padrão). Isso indica que para um mesmo valor de chuva, a categoria de seca de um local pode não ser a mesma. Embora Juazeiro chova menos que Petrolina, pelo critério do SPIM houvera dois anos enquadrados como sendo extremamente úmido contra um da cidade pernambucana.

O critério de estabelecimento de aridez, usando o índice de Thornthwaite (IAT) talvez seja o mais conhecido e usado no mundo pela facilidade de agrupar em três classes denominadas de: pequena ou nenhuma deficiência de água (0-16,7), com deficiência moderada de água (16,7-33,3) e com grande deficiência de água (>33,4).

Os valores dos índices de aridez de Thornthwaite, para Petrolina e Juazeiro, para os meses da estação chuvosa, são mostrados na Figura 21. Mesmo nos meses da época chuvosa, nota-se que os valores dos IATs são superiores a 33,3 (Linha cheia), enquadrando-se na categoria de grande deficiência de água. Isso indica, portanto, que há deficiência hídrica na estação das chuvas.

Figura 21- Valores dos índices de aridez de Thornthwaite (IAT), para os meses de dezembro a março, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.



Fonte: Elaborada pela autora

A expressão para obter os valores numéricos dos índices de aridez de Thornthwaite provém de uma relação diretamente proporcional à precipitação e inversamente proporcional a evapotranspiração potencial (ETP). Como o período chuvoso coincidiu com o de maior demanda de água para atmosfera que superou a precipitação, essa razão resultou num índice de aridez maior. Essa condição justifica, entretanto, os elevados valores de IAT (>33,3) que em regra é o limite inferior da categoria de umidade e/ou de seca classificada como grande deficiência de água.

Analisando-se comparativamente os índices de seca discutidos, ressalta-se que os índices de aridez de Thornthwaite (IAT) e o de chuva de Lang (ICL) não expressaram adequadamente à categoria da seca. No entanto os índices de Anomalia de Chuva (IAC) e o Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM), foram os índices que representaram melhor as características do regime pluvial das localidades analisadas, coincidindo entre si as classificações das categorias dos anos secos e úmidos, porém com nomenclaturas diferentes, devido as especificações de cada metodologia .

Não existe uma definição universal para a seca, como também nenhum método universal, de modo que as definições sejam dependentes da temática de abordagem. Há diferença no enquadramento de seca de acordo com as diferentes nomenclaturas da categoria, devido aos diferentes métodos utilizados e diferentes tipos e percepções de seca. Em alguns dos anos analisados sejam os anos mais secos e/ou chuvosos não se classificaram com as respectivas nomenclaturas esperadas referentes ao ano mais chuvoso e o mais seco.

Há uma grande necessidade de uma avaliação prévia de desempenho de qual índice melhor se aplica a uma dada região, contudo não se recomenda utilizar apenas um índice na análise, pois o mesmo sozinho não é capaz de caracterizar de forma satisfatória o regime pluvial de uma região, dependendo das variáveis meteorológicas disponíveis e qual o tipo de seca será a abordado com as suas diferentes metodologias e nomenclaturas.

5 CONCLUSÕES

Os regimes pluviais de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, são extremamente irregulares, assimétricos e a mediana é a medida de tendência central recomendada;

A estação chuvosa, para ambas as localidades, é variável em quantidade, distribuição e duração, concentrando-se de janeiro a março, sendo a pré-estação de novembro-dezembro e a pós-estação em abril;

O período chuvoso, nas duas localidades, ocorre entre o verão e o outono e chove o 86 % do total anual, em Petrolina, e de e 91 %, em Juazeiro. O ano mais chuvoso foi o mesmo (1985), mas o mais seco não;

A década de 90 foi coincidentemente a mais seca, em ambas as localidades, embora a mais chuvosa em Petrolina tenha ocorrido na de 80 e, em Juazeiro, na de 2000.

A variabilidade da média da precipitação pluvial, nas últimas três décadas, está dentro do intervalo de dispersão da média e, portanto, não há indícios de mudança no regime pluvial;

A variabilidade temporal das séries de precipitação indica que meses ou anos extremamente secos podem ser precedidos e seguidos por períodos idênticos úmidos ou normais e vice-versa;

A maioria dos índices de secas se mostrou bom indicador para diagnosticar o tipo de seca e/ou variabilidade da chuva, embora a nomenclatura da categoria/tipo de seca seja específica de cada método;

Os índices de chuva de Lang e o de aridez de Thornthwaite não expressaram adequadamente as condições do regime pluvial e/ou à categoria da seca;

Diante da importância dos índices de secas, como uma ferramenta para monitorar a variabilidade da chuva e/ou da intensidade da seca local e/ou regional, há necessidade de ampliar as suas análises.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE – Agência de Desenvolvimento do Nordeste: **Região semiárida da área de atuação da SUDENE – conceito**. Ministério da Integração Nacional, Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.adene.gov.br/semiario/index.html>> . Acesso em: 24 jan.2003.

ALMEIDA, H. A. de, GOMES, M. V. A. **Potencial para a captação de água da chuva: alternativa de abastecimento de água nas escolas públicas de Cuité, PB**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 17, Guarapari, ES, 2011, Anais..., Guarapari: CD-R.

ALMEIDA, H. A. de, PEREIRA, F. C. **Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, Aracaju, SE, 2007, Anais..., Aracaju: CD-ROM.

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

ALMEIDA, H. A. de, SILVA, L. **Modelo de distribuição de chuvas para a cidade de Areia, PB**. In: I Congresso Intercontinental de Geociências, Fortaleza, CE, 2004, Anais..., Fortaleza: CD-ROM.

ALMEIDA, H. A. de. **Climate, water and sustainable development in the semi-arid of northeastern Brazil**. In: Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brazil, Unikaseel, Alemanha, v.3, p.271-298, 2012.

ALMEIDA, H. A. de. **Climatologia aplicada à Geografia**. UEPB, Campina Grande, PB, Publicação Didática, p.144, 2010.

ALMEIDA, H. A. de. Oscilações decadal e sazonal das temperaturas do ar no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.5, p. 1100-1114. 2013.

ALMEIDA, H. A. de; FARIAS, M. P. **Regime pluvial e potencial de captação de água para as microrregiões mais secas da Paraíba. In: captação, manejo e uso de água de chuva.** Campina Grande, PB; INSA, capítulo 18, p. 22-33, 2014.

ALMEIDA, H. A. de; FREITAS, R, C; SILVA, L. **Determinação de períodos secos e chuvos em duas microrregiões da Paraíba, através da técnica dos Quantis. Revista de Geografia (UFPE), v.30, n.1, p. 217-232, 2013.**

ALVES, J. M. B. et al. Mecanismos atmosféricos associados à ocorrência de precipitação intensa sobre o nordeste do Brasil durante janeiro/2004. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.1, 56-76, 2006.

AMS – **American Meteorological Society: Glossary of Meteorology**, 2000, second edition. Disponível em: < <http://amsglossary.allenpress.com/glossary>>. Acesso em 06 abr. 2010.

ANA- Agência Nacional das Águas. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil.** Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 30 jul.2014.

ANPC- Autoridade Nacional de Proteção Civil. **Seca.** Disponível em <http://www.proteccaocivil.pt/RiscosVulnerabilidades/...> Acesso em: 20 de maio de 2014.

ARAÚJO FILHO, J. C. de et al . **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco.** Recife: Embrapa Solos – UEP Recife; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 252 p.(Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 11). 1 CD-ROM.

ARAÚJO, L. E. 2006. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba.** Dissertação de Mestrado.

ARAÚJO, L. E.; DA SILVA, D. F.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, p. 162-169, 2008.

ARAÚJO, Lincoln Eloi de Araújo; SILVA, Djane da. Influência da variabilidade climática sobre a distribuição espaço-temporal da precipitação na região do baixo Paraíba (PB). **Revista**

Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 12, n. 37, p.289-304, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

ASA BRASIL. **Articulação no Semi-Árido**. Resultados. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/>. Acesso em: 25 de julho de 2014.

BALTRUSIS, Nelson. **Rede de avaliação e capacitação para a implementação dos planos diretores participativos: Bahia**. Universidade Federal da Bahia, 2009. 59 p. (33).

BAPTISTA, N. de Q.; CAMPOS, C. H. **Convivência com o semiárido brasileiro autonomia e protagonismo social: Caracterização do Semiárido Brasileiro**. Brasília: Iabs, 2013. 208 p. (Série cooperação Brasil-Espanha: acesso à água e convivência com o semiárido).

BARRA, T. S. et al. Caracterização climatológica da severidade de secas do estado do Ceará-Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p. 266-272, 2002.

BEZERRA, N. F. **Água no semiárido nordestino experiências e desafios**. In: Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, Série debates, n. 24, 169p, 2002.

BLAIN, G. C., BRUNINI, O. **Quantificação da seca agrícola pelo Índice Padronizado de evapotranspiração Real (IPER) no Estado de São Paulo**. **Bragantia**, v.65, n.3, p. 519-527, 2005.

BLAIN, Gabriel Constantino; BRUNINI, Orivaldo. Análise da escala temporal de monitoramento das secas agrícolas e meteorológicas no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 22, n. 2, p.255-261, 2007. Trimestral.

BLAIN, Gabriel Constantino; KAYANO, Mary Toshie. 118 anos de dados mensais do índice padronizado de precipitação: série meteorológica de Campinas, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 1, n. 26, p.137-148, 2011.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Câmara dos Deputados. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Estudo. Brasília, DF, p.24, nov. 2007.

COELHO, M. S., GAN, M. A., CONFORTE, J. C. Estudo da variabilidade da posição e da nebulosidade associada à ZCIT do atlântico, durante a estação chuvosa de 1998 e 1999 no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.1, 23-34, 2004.

COSTA, J. D. **Convivência com o semiárido brasileiro Autonomia e protagonismo social: Direito humano á água**. Brasília: Iabs, 2013. 208 p. (Série cooperação Brasil-Espanha: acesso à água e convivência com o semiárido).

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Petrolina, Estado de Pernambuco**/(Orgs.)MASCARENHAS, João de C., BELTRÃO, Breno A., JUNIOR, Luiz C. de S., MORAIS, Franklin de., MENDES, Vanildo A., MIRANDA, Jorge L. F. de., Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em:<<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/REMI153.pdf>>, Acessado em: 13 jan. 2014.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Juazeiro, Estado da Bahia**/(Orgs.)MASCARENHAS, João de C., BELTRÃO, Breno A., JUNIOR, Luiz C. de S., MORAIS, Franklin de., MENDES, Vanildo A., MIRANDA, Jorge L. F. de., Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em:<<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/REMI153.pdf>>, Acessado em: 13 jan. 2014.

CUNHA, R. L. A. **Definição de cenários de referência para avaliação dos impactos das secas**. 2008. 147f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

DA SILVA, D.F. **Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroeconômicos e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE)**. Tese de Doutorado em Recursos Naturais, março 2009, UFCG (PB).

DAJOZ, Roger. **Ecologia geral**. Petrópolis: Vozes, 1978.

DIAS, Carla Tatiana de Vasconcelos; KIILL, Lúcia Helena Piedade. Levantamento Florístico da Reserva Legal do Projeto Salitre, Juazeiro-BA. **Embrapa semiárido**. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. 21 p. 2008. (Documentos, 209).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife: SUDENE: EMBRAPA-SNLCS, 1976. 405p. 1 mapa color. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 38; SUDENE. Série Recursos de Solos, 7).

ESPINOZA, E. S. **Distúrbios nos ventos de leste no Atlântico tropical**. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos, INPE, 1996.

FARIAS, M. P., VIEIRA, C., ALMEIDA, H. A. de. **Característica climática da microrregião do Cariri Oriental**. In: I Workshop Internacional sobre água no semiárido Brasileiro, Campina Grande, PB, 2013, Anais....

FERNANDES, D.S. et al. Índices para Quantificação da Seca. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**. 45p. 2009.(Documentos, 244).

FRANÇA, Francisco Mavignier Cavalcante et al (Org.). **Documento referencial do Pólo de desenvolvimento integrado Petrolina-Juazeiro**. 2009. Disponível em: <[www.bnb.gov.br/.../Documento Referencial do Polo Juaz](http://www.bnb.gov.br/.../Documento%20Referencial%20do%20Polo%20Juaz)>. Acesso em: 07 abr. 2014.

FREITAS, M. A. S. **A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil**. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, 2004, Puerto Iguazú. Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses. Puerto Iguazú: CACIER, v. 1. p. 1-1. 2004.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005.

FREITAS, M. A. S., **Que Venha a Seca: modelos para gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas**, Ed. CBJE, Rio de Janeiro, p.413, 2010.

GALINDO, M. **Intervenção rural e autonomia: a experiência da Articulação no Semi-Árido/ASA em Pernambuco**. Recife: Editora Universitária, 2008.

GONÇALVES, W. A. et al. **Vulnerabilidade Climática do Nordeste Brasileiro: Uma análise de eventos extremos na Zona Semiárida da bacia hidrográfica do São Francisco**, Anais XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis, 2006.

GUEDES, R. V. S.; MACEDO, M. J. H.; SOUSA, F. A. S. Análise espacial de eventos de secas com base no índice padronizado de precipitação e análise de agrupamento. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, v. 23, p. 55-65, 2012.

HEIM, R. R. A review of twentieth: century drought indices used in the United States. **Bulletin of the American Meteorology Society**, Boston, v. 83, n.8, p.1149-1163, 2002.

HEINEMANN, A. B. et al. **Características climáticas dos municípios de Santo Antônio de Goiás (GO), Porangatu (GO), Janaúba (MG), Sete Lagoas (MG), Parnaíba(PI) e Teresina (PI)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 36p. 2007.(Documentos, 214).

IBGE -**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: Setembro 2013. 175-193.

KAYANO, M. T; ANDREOLI R. V. Relationships between rainfall anomalies over northeastern Brazil and El Niño-Southern Oscillation. **Jornal of Geophysical Research**, v.111, D13102, doi:10.1029/2005JD006142, 2006.

KHAN, A. S. et al. Efeito da seca sobre a Produção, a Renda e Emprego Agrícola na Microrregião Geográfica de Brejo Santo e no Estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 36, nº 2, abr-jun. 2005.

KHAN, A. S.; CAMPOS, R. T. **Efeitos das secas no setor agrícola do Nordeste**. In: GOMES, G.M, et al. (Org.) *Desenvolvimento sustentável no Nordeste*. Brasília, DF: IPEA, p.175-193, 1995.

KOUSKY, V. E. **Frontal influences on northeast Brazil**, *Monthly Weather Review*, v.107, nº 9, p. 1140-1153, 1979.

KOUSKY, V.E.; GAN, M.A. **Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic**. *Tellus*, v. 33, p. 538-551, 1981.

LACERDA, Marta Aurélia Dantas de; LACERDA, Rogério Dantas de. Cluster da fruticultura no Pólo Petrolina/Juazeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2004. Editora: EDUEP- Universidade Estadual da Paraíba.

LINS, Carlos José Caldas. **Nova delimitação da Região Semiárida do Brasil (2008)**. Disponível em : http://www.sudene.gov.br/conteudo/download/Nova_Delim_Reg_Semi_Arida.pdf. Acesso em 25 abr. 2012.

MALVEZZI, R. **Semiárido uma visão holística**. Brasília: Confea, 2007. 140 p.

MARGULIS, S. Economia do Meio Ambiente. In: Margulis, S. (Org). **Meio ambiente: Aspectos técnicos e econômicos**. Brasília-DF: IPEA / PNUD, 1990.

MARTONNE, E. de. Aréisme et indice aridite. **Comptes Rendus de L'Académie des Sciences**, Paris, v. 182, p.1396-1398, 1926.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. **The relationship of drought frequency and duration to the time scales**. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8, 1993, Anaheim, CA. Proceedings. Boston: American Meteorological Society, 1993. p. 179-184.

MENEZES, L. A. de. et al. **Cálculo da evapotranspiração potencial de Nazaré da Mata – PE**. 1980. Areia. Anais... Areia: PPGMSA/UFPB/CCA/DSER, 1980. Resumo.

MORAES, Bergson Cavalcanti de; COSTA, José Maria Nogueira da; COSTA, Antonio Carlos Lôla da. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Revista Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p.207-214, 2005.

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**, v.38, p.2653-2675, 1981.

NOBRE, P., CAVALCANTI, I. F. A. **The prediction of drought in the Brazilian northeast: progress and prospects for the future**. In: Drought A Global Assessment, (Ed.) Donald Wilhite, Routledge, London, ISBN 0-415-16834-1, v.1, 389p, p.68-82, 2000.

NOBRE, P.; SHUKLA. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **J. Climate**, v.9, n.19, p.2464-2479, 1996.

OLIVEIRA, G. C. S.; NÓBREGA, R. S.; ALMEIDA, H. A. de. Perfil socioambiental e estimativa do potencial para a captação de água da chuva em catolé de casinhas, PE. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 29, no. 1, p. 75-90, 2012.

ONU- Organização das Nações Unidas.. **ONU aponta carência e má distribuição de água para uso**. Disponível em: <http://ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2013/03/onu-aponta-carencia-e-ma-distribuicao-de-agua-para-uso>. Acesso em: 30 jul.2014.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Água e Saúde**. 2001. Disponível em: <http://www.opas.org.br/sistema/fotos/agua.PDF>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

PARK, S.; FEDDEMA, J.J.; EGBERT, S.L. MODIS land surface temperature composite data and their relationships with climatic water budget factors in the Central Great Plains. **International Journal of Remote Sensing**, v.26, p.1127-1144, 2005.

PIELOU, E. C. **Freshwater**. Chicago, The University of Chicago Press, 1998.

QUIRING, S. M. Developing Objective Operational Definitions for Monitoring Drought. **Journal Applied Meteorology and Climatology**. 48, 1217–1229, 2009.

REBOUÇAS, A.C. **Água na Região Nordeste: desperdício e escassez**. Universidade de São Paulo, São Paulo. Vol. 11(29): 127-154.1997.

REDMOND, K. T. The depiction of drought: a commentary. **Bulletin of the American Meteorological Society**. 83, 1143–1147, 2002.

REPELLI, C. A. et al. **Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará**. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET, 1998, Brasília DF. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET, 1998.

ROOY, M.P. VAN. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**, Notes, 14, 43, 1965.

ROUCOU, P. et al. Vertical motion changes related to Northeast Brazil rainfall variability: A GCM simulation. International. **Journal of Climatology**, v. 16, 879-891.1996.

SAGRI. **Levantamento da realidade agrícola do Estado do Pará**. EMATER-PA. Série Documentos. vol. 05. 65p. 1996.

SALAS, J. D. et al. Characterizing the severity and risk of drought in the Poudre River, Colorado, **Journal of Water Resources Planning and Management**. 131, 383–393, 2005.

SANTOS, Carlos Antonio Costa dos et al. TENDÊNCIAS DOS ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO CEARÁ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 24, n. 1, p.39-47, 2009.

SAYARI, N. et al. Using drought indices to assess climate change impacts on drought conditions in the northeast of Iran (case study: Kashafrood basin). **Meteorological Applications**, v. 20, p. 115–127, 2013. <http://dx.doi.org/10.1002/met.1347> .

SCHVARTZMAN, A. S.; PALMIER, L. R. **Sugestões para o aprimoramento dos sistemas de captação de água de chuva por meio de cisternas na região semiárida de Minas**

Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO, 2007, Belo Horizonte-MG. Belo Horizonte- MG, 2007 (anais eletrônicos).

SENTELHAS, P. C. Agricultural drought indices proceedings of an expert meeting. In: **Agricultural Drought Indices in Current use in Brazil**. Murcia: Proceedings of an Expert Meeting, 2010. p. 60-71.

SERVAIN, J. Simple climate índice for the tropical Atlantic ocean and some applications. **Journal of Geophysical Research**, v. 96, n.8, p.15137-15146, 1991.

SILVA, Djane Fonseca da; SOUSA, Francisco de Assis Salviano de; KAYANO, Mary Toshie. Uso de IAC e ondeletas para análise da influência das multiescalas temporais na precipitação da bacia do Rio Mundaú. **Revista de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p.180-195, 2009.

SILVA, F. B. R. et al. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; EMBRAPA-CNPS-Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v. (EMBRAPA-CPATSA Coordenadoria Regional Nordeste. Documentos, 80).

SILVA, Flávio Hugo Barreto Batista da et al. Principais solos do semiárido do Nordeste do Brasil. **Embrapa**. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. 35 p. 2005.

SILVA, Maria Sonia Lopes da et al. Adensamento e compactação de solos irrigáveis da zona semiárida do Nordeste. **Embrapa Semiárido**. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. 8 p. 2007.(Circular Técnica, 38).

SOUSA, Aline Bezerra de; SILVA, Djane Fonseca da. Causas climáticas da variabilidade pluviométrica e tendências climáticas na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe (CE). **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 46, p.101-117, jun. 2013. Disponível em: <www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/>. Acesso em: 17 abr. 2014.

SOUZA FILHO, F. A., **Variabilidade e mudança climática nos semiáridos brasileiros**. In.: TUCCI, C. E. M., BRAGA, B., **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.9, 2003. p. 77-111.

SOUZA, Maria J. H. de et al. Relação entre disponibilidade hídrica e produtividade do eucalipto em diferentes idades, em Guanhães, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 10, p.629-638, 2006.

TEXEIRA, C. F. et. al. Intensidade da seca utilizando índices de precipitação. **Rev.Ambient. Água** vol. 8 n. 3 Taubaté - Sep. / Dec. 2013.

THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v.38,p.55-94, 1948.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRÍGUEZ, S. L. **Gerenciamento e Recuperação das Bacias Hidrográficas dos Rios Itaqueri e do Lobo e da Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa)**. IIE, IIEGA, PROAQUA, ELEKTRO, 2003.

UVO, C. **A Zona de Convergência Intertropical e sua relação com a precipitação no Nordeste Brasileiro**. 1989.120p. (INPE-4887-TDL/378). Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1989.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax, 2001, 532p.

WILHITE, D. A. **Drought as a natural hazard: conceptions and definitions**. In: WILHITE, D. A. Drought: A global assessment. London: Routledge, 2000. p.111-120.

WILHITE, D. A. **Metodologia para o planejamento das ações no combate ao efeitos da seca**. Recife: Sudene, 91 p. 1999.

WILHITE, D.A. Drought. In: HOLTON, J.A.; PYLE, C.; CURRY, J.A.(Ed.). **Encyclopedia of atmospheric science**. New York:Elsevier, p.650-658. 2003.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M.H. **Understanding the drought phenomenon: The role definitions**. In: WILHITE et al. Planning for drought toward a reduction of societal vulnerability. WESTVIEW, p. 11-14. 1987

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, P. L. S.; DIAS, M. A. F. S. **A zona de convergência intertropical - ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará (1964-98)**. Rev. Bras. de Meteorologia, v.15, n.1, 27-43, 2000.

YEVJEVICH, V. Probability and statistics in hydrology. Fort Collins: **Water Resources Publication**, 276 p. 1972.