



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE EDUCAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA PLENA EM GEOGRAFIA

DANILO BARBOSA DE AGUIAR

CARACTERIZAÇÃO DO CICLO HORÁRIO DA CHUVA PARA AREIA E
CAMPINA GRANDE – PB

CAMPINA GRANDE – PB

2015

DANILO BARBOSA DE AGUIAR

**CARACTERIZAÇÃO DO CICLO HORÁRIO DA CHUVA PARA AREIA E
CAMPINA GRANDE – PB**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Licenciatura Plena em Geografia da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de licenciado em geografia.

Orientador: Prof. Dr. HERMES ALVES DE ALMEIDA

CAMPINA GRANDE – PB

2015

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.

A282c Aguiar, Danilo Barbosa de
Caracterização do ciclo horário da chuva para Areia e
Campina Grande – PB [manuscrito] / Danilo Barbosa de Aguiar. -
2015.
60 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) -
Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2015.
"Orientação: Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida,
Departamento de Geografia".

1. Precipitação 2. Chuva - Ciclo Horário 3. Estação
Meteorológica Automática 4. Hidrologia I. Título.

21. ed. CDD 551.577

DANILO BARBOSA DE AGUIAR

CARACTERIZAÇÃO DO CICLO HORÁRIO DA CHUVA PARA AREIA E CAMPINA
GRANDE – PB

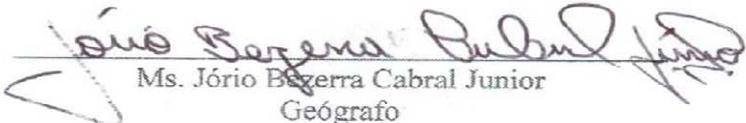
Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Licenciatura Plena em
Geografia da Universidade Estadual da
Paraíba, em cumprimento à exigência para
obtenção do grau de licenciado em geografia.

Aprovada em: 02/12/2015.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba


Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier
Universidade Estadual da Paraíba


Ms. Jório Bezerra Cabral Junior
Geógrafo

DEDICATÓRIA

“A ti, Maria, como ao general invencível,
Os meus cantos de vitória!
A ti, que me livraste dos meus males,
Ofereço os meus cantos de reconhecimento!
Pois que tens uma força invencível,
Livra-me de toda a espécie de perigos,
A fim de que te aclame:
Avé, Virgem e Esposa!”

AGRADECIMENTOS

A DEUS por todas as bênçãos derramadas, por iluminar meu caminho, pela saúde, vida, sabedoria, família, e oportunidades que me enviou. E a Mãe Nossa Senhora do Livramento, pelas graças, intercessão em todas as horas.

A minha mãe, Josefa Célia Barbosa de Aguiar, meu pai, Luiz Barbosa de Aguiar, e a meus irmãos, Rafael Barbosa de Aguiar e Laísa Barbosa de Aguiar, pelo amor, apoio, companheirismo e compreensão.

A minha família Aguiar, por sempre acreditarem em mim e me apoiarem em minhas decisões. Em especial Amanda de Paula e Alanne de Paula pela ajuda e apoio neste trabalho.

Aos meus colegas de curso da turma 2011.1, Larissa, Edina, Waleska, Renalle, Daniela, Luciana e Clícia, por fazerem as minhas manhãs melhores e mais divertidas, em especial ao meu grande companheiro de pesquisas, José Nivaldo, amizade que irá para a vida toda.

Aos professores (as) do curso de Geografia, pelo apoio, atenção, dedicação e empenho para fazer de nós, alunos, além de grandes profissionais, grandes pessoas. Especialmente ao Prof. Dr. Antônio Damasceno e a Profa. Dra. Ledian Rodrigues Reinaldo.

Ao CNPq, pelos anos como bolsista e pela oportunidade de me inserir na pesquisa através da PIBIC, que me abriu portas antes inimagináveis.

Ao INMET, por ter cedido os dados que possibilitaram esta pesquisa.

Ao Orientador e Professor, Dr. Hermes Alves de Almeida, por ter acreditado em mim e ter me dado grandes oportunidades de conhecimento e experiências. Pelas trocas de conhecimentos, pelo empenho e ajuda em todos os momentos. Obrigado pelo estímulo, paciência.

RESUMO

AGUIAR, Danilo Barbosa de. **CARACTERIZAÇÃO DO CICLO HORÁRIO DA CHUVA PARA AREIA E CAMPINA GRANDE – PB.** 2015. 58 p. Monografia de Graduação em Licenciatura Plena em Geografia, UEPB – CEDUC, Campina Grande – PB.

A precipitação pluvial, no semiárido nordestino, é o elemento do clima que apresenta maior variabilidade tanto em quantidade quanto em distribuição, especialmente, na escala temporal. O advento da automação de dados meteorológicos possibilitou estudar a precipitação numa escala de tempo menor e, portanto, estabelecer o seu ciclo horário. Para isso, duas séries horárias de chuvas, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), das estações meteorológicas automáticas, instaladas em Areia e Campina Grande, Paraíba, Brasil, foram utilizadas para caracterizar o seu ciclo horário, sendo essas determinações os objetivos principais. As séries de dados horários de um período de seis anos foram analisadas, mediante critérios e métodos estatísticos, das distribuições de frequência, de medidas de tendência central e de dispersão. As médias horárias (diárias, mensais e sazonais), foram agrupadas em intervalos regulares de seis horas e as intensidades da chuva (mm.h^{-1}), classificadas como: muito fraca, fraca, moderada, forte e muito forte. Os principais resultados revelaram que o regime pluvial é irregular, o período chuvoso concentra-se entre o final da tarde e o início da noite, com predomínio das classes de intensidade de chuva forte e muito forte. A média da intensidade horária da chuva em Areia foi cerca de duas vezes maior que a Campina Grande. Já, as maiores alturas de chuvas, em mm.h^{-1} , ocorrem nas estações outono e inverno e as menores, na primavera, no qual não houvera nenhum registro de intensidade muito forte.

Palavras-Chave: Precipitação. Chuva horária. Estação Meteorológica Automática.

ABSTRACT

AGUIAR, Danilo Barbosa. CHARACTERIZATION OF THE HOURLY CYCLE OF THE RAINFALL TO AREIA AND CAMPINA GRANDE, PB. 2015. 58 p. Monograph of Graduation in Full Degree in Geography, UEPB - CEDUC, Campina Grande - PB.

The rainfall, in the semi-arid northeastern, is the element of the climate that has the highest variability in quantity and distribution, especially, in the timescale. The advent of automation of meteorological data made it possible to study the rainfall in a shorter time scale and thus set your own schedule cycle. For this, two hourly series of rains, provided by the National Institute of Meteorology (INMET), the automatic weather stations installed in Areia and Campina Grande, Paraíba, Brazil, were used to characterize their schedule cycle, being those determinations the main objectives. The series of hourly data for a period of six years were analyzed by criteria and statistical methods, frequency distributions, central tendency and dispersion. The hourly averages (daily, monthly and seasonal), were grouped at regular intervals of six hours and the rain intensities (mm.h^{-1}), classified as: very weak, weak, moderate, strong and very strong. The main results revealed that rainfall patterns is irregular, the rainy season is concentrated between late afternoon and early evening, with a predominance of heavy rain intensity classes and strong. The average of the hourly intensity of the rain in Areia was about of twice larger than to Campina Grande. Already, the greater heights of rain in mm.h^{-1} , occur in autumn and winter and lower in the spring, in which there had been no very intense record.

Keywords: Rainfall. Hour Rainfall. Automatic Weather Station.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Localização das áreas de Estudo nas localidades de Areia e Campina Grande	26
Figura 2 -	Vista da estação meteorológica convencional e automática instalada no Centro de Pesquisa do Algodão (Embrapa), Campina Grande, PB	27
Figura 3 -	Vista da estação meteorológica convencional e automática instalada no campus da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB	27
Figura 4 -	Média aritmética da chuva horária de Areia e Campina Grande (2008-2014).....	33
Figura 5 -	Desvio Padrão médio da chuva horária para Areia e Campina Grande (2008-2014)	34
Figura 6 -	Distribuição de frequência de chuva durante o dia por faixas de horas para Areia – PB (2008-2014)	34
Figura 7 -	Distribuição de frequência de chuva durante o dia por faixas de horas para Campina Grande – PB (2008-2014)	35
Figura 8 -	Distribuição de frequência de chuva por níveis de intensidade para Areia –PB (2008-2014)	36
Figura 9 -	Distribuição de frequência de chuva por níveis de intensidade para Campina Grande – PB (2008-2014)	36
Figura 10 -	Distribuição de frequência de chuva horária com diferentes níveis de intensidade para Areia – PB por faixa de horas (2008-2014)	37
Figura 11 -	Distribuição de frequência de chuva horária com diferentes níveis de intensidade para Campina Grande – PB por faixa de horas (2008-2014)	38
Figura 12 -	Frequência de chuva (%) e média (mm) horária para a estação de Areia – PB (2008–2014)	39
Figura 13 -	Frequência de chuva (%) e média (mm) horária para a estação de Campina Grande –PB (2008-2014)	39
Figura 14 -	Distribuição sazonal dos eventos de chuva para Areia – PB (2008-2014) ..	40
Figura 15 -	Distribuição sazonal dos eventos de chuva para Campina Grande – PB (2008-2014)	41
Figura 16 -	Volume de precipitação média e frequência horária para o Verão na estação de Areia (2008-2014)	42

Figura 17 -	Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Verão na estação de Campina Grande (2008-2014)	42
Figura 18 -	Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Outono na estação de Areia (2008-2014)	43
Figura 19 -	Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Outono na estação de Campina Grande (2008-2014)	43
Figura 20 -	Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Inverno na estação de Areia (2008-2014)	44
Figura 21 -	Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Inverno na estação de Campina Grande (2008-2014)	44
Figura 22 -	Intensidade de precipitação média e frequência horária para a Primavera na estação de Areia (2008-2014)	45
Figura 23 -	Intensidade de precipitação média e frequência horária para a Primavera na estação de Campina Grande (2008-2014)	45
Figura 24 -	Distribuição sazonal (em %) da frequência de chuva horária com diferentes níveis de intensidade para Areia – PB (2008-2014)	46
Figura 25 -	Distribuição sazonal (em %) da frequência de chuva horária com diferentes níveis de intensidade para Campina Grande – PB (2008-2014)..	46
Figura 26 -	Distribuição de frequência dos eventos de chuva intensa (MFT) horária Areia e Campina Grande (2008-2014)	47
Figura 27 -	Distribuição de frequência de chuva intensa (MFT) horária durante o Verão para Areia e Campina Grande (2008-2014)	48
Figura 28 -	Distribuição de frequência de chuva intensa (MFT) horária durante o Outono para Areia e Campina Grande (2008-2014)	48
Figura 29 -	Distribuição de frequência de chuva intensa (MFT) horária durante o Inverno para Areia e Campina Grande (2008-2014)	49
Figura 30 -	Distribuição dos valores extremos de chuva horária para Areia (2008-2014)	49
Figura 31 -	Distribuição dos valores extremos de chuva horária para Campina Grande (2008-2014)	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Recorte do modelo de tabulação de dados de chuva horários para Campina Grande e Areia	28
Tabela 2 - Critério de classificação da intensidade de chuva (mm/h)	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMA	Estação Meteorológica Automática
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
ZCIT	Zona de Convergência Inter-Tropical
VCAS	Vórtices Ciclônicos de Ar Superior
AB	Alta da Bolívia
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
UTC	Unidade de Tempo Coordenado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Caracterização da região Nordeste brasileira	15
2.2	Precipitação pluvial	16
2.2.1	<i>Variabilidade da precipitação pluvial</i>	17
2.2.2	<i>Principais mecanismos indutores de precipitação no Nordeste brasileiro</i>	18
2.3	Ciclo diário e semidiário da precipitação pluvial	20
2.4	Dados meteorológicos	22
2.4.1	<i>Estação Meteorológica Automática (EMA)</i>	23
2.5	Principais características físicas da área de estudo	24
2.5.1	<i>Campina Grande</i>	24
2.5.2	<i>Areia</i>	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1	Localização da área de estudo	26
3.2	Procedimentos metodológicos para as análises dos dados	26
3.2.1	<i>Análise da frequência horária</i>	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Caracterização do ciclo diário da chuva para Areia e Campina Grande	32
4.1.1	<i>Análise geral</i>	32
4.1.1.1	<i>Média e Desvio Padrão da chuva no ciclo diário</i>	32
4.1.1.2	<i>Frequência de chuva no ciclo diário</i>	34
4.1.2	<i>Análise sazonal</i>	40
4.2	Análise dos de eventos extremos	48
	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	54

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o homem procura nos estudos do Tempo e do Clima respostas para uma melhor adaptação e, com isso, possibilitar a sua convivência no seu habitat e na sociedade. A evolução tecnológica foi e continua sendo essencial ao seu desenvolvimento, disponibilizando análises mais precisas da compreensão dos fenômenos atmosféricos. O aperfeiçoamento de métodos e técnicas científica nos estudos do Tempo acompanharam os processos de evolução da ciência climática e, portanto, uma melhoria substancial dos prognósticos do Tempo e do Clima.

Na região Nordeste do Brasil, especialmente, na parte setentrional, a precipitação pluvial é irregular em quantidade e em distribuição. Por isso, a chuva é considerada o principal elemento impede, de forma substancial, o desenvolvimento local e regional, especialmente, na qualidade de vida dos residentes nesta região.

De acordo com Almeida e Silva (2008), a chuva é, sem dúvida, o elemento do clima com maior variabilidade espacial e temporal no semiárido nordestino, cujo modelo mensal e intra-anual de distribuição é extremamente irregular, no recorte geográfico do estado da Paraíba, com predominância da estação chuvosa perdurar, por dois a quatro meses em alguns locais, ou de chover torrencialmente num local e quase nada na sua circunvizinhança.

Neste contexto, há necessidade de se estudar e de se estabelecer as principais características do regime pluvial, nas escalas menores, ou seja, diária e horária. Para tanto, a caracterização do regime pluvial nas escalas temporal e espacial possibilita a melhor compreensão deste tão importante elemento para fins de estudos de impactos ambiental e socioeconômico de uma região.

Procedimentos metodológicos de análises de dados meteorológicos, gerados em estações meteorológicas padronizadas, possibilitam, por meio de dados observados e com base nos métodos científico, no tipo de fenômeno e das tecnologias computacionais, o diagnóstico do Tempo e do Clima, especificando, destacando e descrevendo as principais características individuais e/ou conjunto das condições meteorológicas.

Com o advento da automação de dados meteorológicos, com as estações meteorológicas automáticas e/ou as PCDs, permitiu não somente o aumento da

frequência de coleta de dados ao longo do dia, em vez de quatro observações diárias, normalmente feitas nas estações meteorológicas convencionais, nos horários denominados sinóticos, a coleta de dados em locais inóspitos a observação do Tempo. Assim sendo, a frequência temporal de coleta de dados, nesses sistemas automatizados, depende do usuário.

O conhecimento da distribuição e das variações da precipitação pluvial, tanto temporal quanto espacial, é importante para subsidiar estudos hidrológicos e o planejamento de uso dos recursos hídricos. No entanto, a determinação das principais características da chuva diária ou do ciclo horário diária é ainda mais importante e de interesse pela sua frequente aplicação em projetos hidráulicos, no planejamento urbano e rural, que inclui desde a prevenção de enchentes aos deslizamentos de terras.

Embora os estudos do regime pluvial, nas escalas diária e horária, tenham tanta importância há pouco ou nenhum artigo científico, especialmente, para as localidades paraibanas. Diante disto, houve a necessidade de estudar o regime pluvial, na escala horária, visando estabelecer as principais características do ciclo diário da chuva para as localidades de Areia e Campina Grande, PB, sendo estas determinações os objetivos principais deste trabalho, tendo ainda, os seguintes objetivos secundários:

Quantificar as frequências médias horárias de chuvas, nas escalas mensais e sazonais;

Classificar e quantificar as frequências de eventos de chuva, ocorridos em 24 horas, enquadrando-os por níveis de intensidade (muito fraca, fraca, moderada, forte e muito forte), em mm. dia^{-1} ,

Confrontar e comparar as médias horárias da intensidade da chuva, nas mesmas escalas temporais, das duas localidades, a fim de averiguar se há ou não semelhanças entre si;

Destacar a ocorrência de eventos extremos (máximos) de chuvas e comparar com as médias diárias e/ou mensais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização da Região Nordeste Brasileira

A região Nordeste do Brasil tem uma área de 1.561.177,8 km², o que equivale a 18,3% do território brasileiro, abrangendo um total de 1.793 municípios distribuídos em nove estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí, Sergipe, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Paraíba. Localizando-se entre 1° e 18°30' de latitude Sul e 34°20' e 48°30' de longitude Oeste de Greenwich (SUDENE, 2015).

Tem uma população estimada de 56.186.190 habitantes, e densidade demográfica de 31,7 hab/km², com 73,1% de população urbana e população 26,9% rural (IBGE, 2014). A economia baseia-se na agroindústria do açúcar e do cacau. O petróleo é explorado no litoral e na plataforma continental. O setor de turismo também é um grande elemento para a economia da região.

Em relação ao seu relevo, com altitudes máximas, pouco superior a 1000 metros, a região Nordeste apresenta desde Planícies litorâneas (em quase toda a costa, representadas pela Formação Barreiras no Litoral, além de planícies fluviais), Planaltos (Borborema), Chapadas (Araripe), e Depressões relativas (Sertaneja). A vegetação predominante é a Caatinga, mas outros tipos também são presentes, como os Cerrados (Chapada do Araripe no Ceará), Matas de Tabuleiros (na Formação Barreiras), conforme indica Bastos e Cordeiro (2012).

Além disso, há matas úmidas presentes em Brejos de altitude, que aparecem segundo Ab'Saber (1999), como ilhas de umidade devido a combinação e interação local de calor, umidade e recursos hídricos.

O tipo de clima do Nordeste, pela classificação climática de Köppen (1948), predomina o semiárido quente (Bsh), sendo caracterizado pela irregularidade temporal e espacial do regime pluvial, não somente nos totais anuais, mas na quantidade e distribuição nas quatro estações do ano (ALMEIDA e CABRAL JUNIOR, 2014), inclusive na curta estação chuvosa.

Existem faixas de clima úmido em quase todo litoral leste nordestino e pontualmente, no extremo oeste do Maranhão, além da presença das “Ilhas de Umidade” indicadas por Ab'Sáber (1999), chamadas de brejos, que ocorrem devido a combinação e interação local de calor, umidade e recursos hídricos para os solos e

drenagem, sofrendo efeito de barlavento. Areia, na microrregião do Brejo paraibano, localizada na borda Oriental do Planalto da Borborema é um exemplo.

Estabelecer as principais características do regime pluvial possibilita relacionar fatores que interferem nos períodos de chuva, tornando-a cíclica e perceptível quando se observa a paisagem e/ou de outros fatores responsáveis pela sua variação. A ele, estão adaptados a vegetação e os processos de formação do relevo, com predomínio de um processo sobre outro, e de acordo com a época do ano, período seco ou chuvoso, o processo de pedogênese, que em função das condições de escassez das chuvas que tornam os processos químicos mitigados são, em geral, pouco desenvolvidos (ARAUJO, 2011).

2.2. Precipitação Pluvial

Em meteorologia, precipitação descreve qualquer tipo de fenômeno relacionado à queda de água do céu, podendo ser líquida ou sólida. A precipitação é uma parte importante do ciclo hidrológico, sendo responsável por retornar a maior parte da água doce ao planeta (ALMEIDA, 2012).

A precipitação pluvial advém do processo de ascensão do vapor d'água das camadas mais baixas da atmosfera, resfria-se adiabaticamente e condensa-se, formando, portanto, as nuvens. O processo seguinte é o de crescimento das gotículas de água, até que tenham massa suficiente que supere os movimentos verticais ascendentes da atmosfera (CARVALHO, 2007).

O crescimento das gotas ocorre através dos processos de colisão e coalescência das gotas, sendo que o efeito gravitacional predomina nas gotas com massa maiores, ou seja, elas caem mais rápido que as pequenas (ALMEIDA, 2012).

A precipitação cujo diâmetro da gota for igual ou maior que 5 mm é denominada de chuva. Ao atingir a superfície terrestre, ela pode ser escoada superficialmente ou infiltrar no solo, dependendo do tipo de cobertura do solo e da intensidade da chuva. Assim sendo, a precipitação ou a chuva pode ser enquadrada em três tipos: frontal ou ciclônica, orográfica e convectiva (CARVALHO, 2007).

A chuva é o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal, especialmente, em regiões áridas e semiáridas, além de ser o fator mais importante para o desenvolvimento local e regional (ALMEIDA, 2012).

2.2.1. Variabilidade da precipitação pluvial

A precipitação pluvial é variável nas escalas temporal e espacial (ALMEIDA e SILVA, 2008). As quantidades de chuva, o regime sazonal (distribuição temporal) e as intensidades (altura/tempo) são algumas das características que afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente (BRITTO, BARLETTA e MENDONÇA, 2008).

Para Carvalho (2007), a variabilidade espaço temporal da precipitação é influenciada com a circulação geral da atmosfera, a interação das massas de ar com o relevo, a variação no balanço de energia nas diferentes latitudes e distâncias em relação ao mar ou continente (longitude). O relevo, por exemplo, impõe alterações no padrão de comportamento da atmosfera do local, proporcionado a chuva ou a precipitação do tipo orográfica.

A variação temporal da distribuição de chuvas na maior parte do Nordeste ocorre, até mesmo, na curta estação chuvosa, que dura cerca de três a quatro meses, com predominância de estiagens neste curto período, sendo irregular em quantidade e em duração, (ALMEIDA et al., 2014; ALMEIDA, FREITAS e SILVA, 2013).

O ciclo anual da precipitação pluvial ou a variabilidade inter-anual podem estar associados aos fenômenos de El Niño, La Niña. Com a escassez da chuva, inicia-se o fenômeno da seca, que é definida climatologicamente por Fernandes et al. (2009) como a falta d'água provocada pelo desequilíbrio entre a precipitação ocorrida no local e a transferência de água para a atmosfera, ou seja, trata-se de uma relação direta entre a precipitação e evapotranspiração.

As alternâncias de anos secos e chuvosos são outras características do regime pluvial estudadas por Almeida, Freitas e Silva (2013), que encontram em duas microrregiões do estado da Paraíba, assimetria no regime pluvial anual, com sequências de anos mais e menos chuvosos, em um curto período de tempo, o que mostra ser a precipitação pluvial variável na escala temporal (NOBRE e MELO, 2002).

2.2.2. Principais mecanismos indutores de precipitação no Nordeste brasileiro

Segundo aponta Almeida (2012), os dois principais mecanismos responsáveis pela precipitação pluvial no nordeste são a Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT) e os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS).

A zona de convergência intertropical (ITCZ ou ZCIT) é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos. Devido à sua estrutura física, a ZCIT tem se mostrado decisiva na caracterização das diferentes condições de tempo em diversas áreas da Região Tropical. Por isso, a influência da ZCIT na ocorrência de chuvas tem sido detectada nos trabalhos de Moura e Shukla (1981), Sikka e Gadgil (1985), Citeau et al. (1988), inclusive na Amazônia (MOLION e BERNARDO, 2000).

A ZCIT é definida por Ferreira e Melo (2005) como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, sendo ela formada, principalmente, pela confluência entre os ventos alísios vindo do hemisfério norte e os ventos alísios vindos do hemisfério sul, tendo como principais características as baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação.

Na fase mais ao Sul da ZCIT as influencias na região Nordeste são mais fortes (BARBOSA e CORREIA, 2005), isso se dá a partir de meados do verão, atingindo sua maior frequência no outono (NIMER, 1972), quando alcança sua posição mais meridional. Movendo-se até cerca de 5° S e tornando-se intensa com o aumento da convergência, sendo portanto, a posição e a intensidade da ZCIT no Oceano Atlântico Equatorial, de extrema importância na determinação da qualidade do período chuvoso da maior parte da região Nordeste, que será abundante ou deficiente como indicado por Melo et al. (2002) e Ferreira e Melo (2005).

Em anos de seca no Norte do Nordeste, a ZCIT fica bloqueada mais ao norte de sua posição normal. Esta área fica, então, debaixo de uma região de subsidência que inibe a precipitação (MOLION e BERNARDO, 2000).

De acordo com Molion e Bernardo (2000), a precipitação no semiárido nordestino tem influência direta de mecanismos de larga escala (Sistemas Frontais e a ZCIT), de meso escala (complexos convectivos, e efeitos de maritimidade e continentalidade) e de micro escala (chuvas orográficas, convecções locais).

Como mecanismo de meso escala, a ITCZ é a principal responsável pela chuva em grande parte do Nordeste brasileiro, atingindo o auge com a posição mais ao sul do eixo confluência da superfície entre fevereiro e março. A forte convergência durante estes meses normalmente está localizado na faixa entre 0° e 8° de latitude sul (HARSTENRATH e HELLER, 1977).

Outro mecanismo importante para o regime de chuvas no Nordeste brasileiro são os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS). Há vários artigos que indicam que a formação do VCAS ocorre devido à intensificação da Alta da Bolívia (AB), associada à penetração de sistemas frontais vindos das altas latitudes como os de Kousky e Gan (1981) e Rao e Bonatti (1987). Embora existam evidências que a formação dos vórtices tem uma relação direta com o caráter meridional do escoamento médio, ao nível de 200 hPa.

Ramírez (1996) reanalisou os 80 casos de VCAS, estudados em 1996 e puderam concluir que 57% originaram-se pelo mecanismo clássico, ou seja, proposto por Kousky e Gan (1981), e 27% se formaram como resultado de um sistema de circulação anticiclônica em altos níveis sobre o Atlântico Tropical Sul e costa do Brasil.

No Nordeste os VCAS atuam, principalmente, a partir do final da Primavera Verão e início do Outono, sempre se deslocando de leste para oeste, sendo mais sentido em meados de janeiro, período com maior frequência deste evento (KOUSKY e GAN, 1981)

Quando o VCAS se aproxima do Nordeste brasileiro vindo do Oceano Atlântico, sua região de máxima convecção concentra-se na região de direção do movimento. A entrada do vórtice ciclônico sobre o Nordeste, normalmente, mantém parte da região com precipitação e parte sob céu claro. Em vários casos observados, o vórtice mantém seu centro de subsidência na parte sudeste do Nordeste e sua região de convecção sobre os Estados do Ceará, oeste do Rio Grande do Norte, Piauí, oeste de Pernambuco (CONDE e DIAS, 2006). Tais impactos positivos e negativos para o regime de chuvas no Nordeste foram identificados, também, nos estudos de (LOPES e NECHET, 2006).

2.3. Ciclo diário e semidiário da precipitação pluvial

O ciclo diário da precipitação é uma das periodicidades fundamentais nos estudos da climatologia pluvial, com escala temporal horária. Esse ciclo diário mostra horários preferenciais de ocorrência e/ou de ausência de chuva, cujos mecanismos físicos e/ou dinâmicos de atuação na atmosfera ocorrem nas escalas global e regional. Maiores detalhes podem ser encontrados nos trabalhos de Janowiak, Kousky e Joyce (2005); Yang e Smith (2006), dentre outros.

Os mecanismos diários e semidiários da precipitação podem variar de local para local. Como fora descrito, a precipitação é o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal, sendo o principal componente do ciclo hidrológico (VARONE, FERREIRA e ALVES, 2012).

Para as regiões tropicais, os dois dos principais modos de variabilidade da precipitação são o ciclo diário (24 horas) e o ciclo semidiário (12 horas). O ciclo diário é a principal escala periódica, com aplicações na previsão do tempo, pois as atividades humanas são, em geral, organizadas em função das 24 horas de um dia (SANTOS E SILVA, 2010).

Nechet (2002) citou a necessidade desse conhecimento para diferentes atividades na área da engenharia (construções em geral, pavimentação de estradas, construção de dutos, etc), no turismo (melhor época e horário para visitas ao ar livre, deslocamentos), nos transportes rodoviário e aéreo, que devem ser planejadas em função da precipitação. Além do auxílio ao planejamento agrícola (PEZZOPANE et al., 1995).

Com isso, as quantidades relativas de precipitação pluvial, seu regime sazonal ou diário e as intensidades de chuvas individuais afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente (BRITTO, BARLETTA e MENDONÇA, 2008).

O conhecimento da variação do ciclo diurno da precipitação é essencial para a compreensão da física da atmosfera tropical. Em princípio, o ciclo diurno da chuva, principalmente a chuva do tipo convectiva, deve ser interpretado como uma resposta ao aquecimento da superfície da terra devido a irradiância solar incidente, cujos aumentos da convecção ocorrem no final da tarde ou início da noite. Com o arrefecimento da

superfície à noite, a convecção diminui, atingindo um mínimo no início manhã (SOUZA e ROCHA, 2006b).

A convecção gera um máximo de chuva no fim da tarde ou início da noite e dá origem ao conhecido ciclo diário sobre superfícies continentais, com máximo à tarde e mínimo de manhã. Mapes et al. (2003) relataram que existe uma defasagem entre os picos de energia e o de precipitação, mesmo sendo um ciclo muito curto. Por isso, na maioria das áreas localizadas nas regiões tropicais, a precipitação máxima ocorre no período da tarde e da noite.

O ciclo diurno da precipitação tem relação significativa com a ZCIT na faixa do Atlântico equatorial, sendo considerada como o principal mecanismo regulador da variabilidade diurna da chuva nessa faixa tropical (SOUZA e ROCHA, 2006a; 2006b).

Warner, Mapes e Xu (2003) verificaram que a atividade convectiva sobre o continente tende a gerar ondas de gravidade que se propagam na vertical e na horizontal, principalmente, nas regiões costeiras. No entanto, em locais e/ou regiões em que o escoamento zonal é de Leste, como o caso do Nordeste brasileiro, esses sistemas convectivos são direcionados novamente para o continente, gerando precipitação noturna.

Nos estudos do ciclo diário da chuva no Nordeste Brasileiro, o trabalho de Kousky (1980) mostrou uma caracterização minuciosa do ciclo para esta região, destacando-se o caráter variável do elemento chuva, com picos concentrados no período da noite.

Os trabalhos iniciais do ciclo diário da chuva foram feitos utilizando pluviogramas. Pezzopane et al. (1995) demonstram o ciclo diário para três cidades do Estado de São Paulo, em que os picos de chuvas ocorrem nos meses de verão e se concentrava mais nos turnos da tarde do que no da manhã, enquanto que no inverno ocorre uma igualdade entre manhã e tarde.

Com o surgimento do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), diversos estudos do ciclo diário da precipitação em várias regiões do Brasil, incluindo o Nordeste, visando estabelecer as principais características do regime diário da chuva como os de Negri e Adler (2002) e Nóbrega, Souza e Gavíncio (2008).

No ciclo diário da precipitação pluvial na região sul do Brasil Varone, Ferreira e Alves (2012) encontraram que as características são variáveis de local para local, com tendência de chover no período noturno, ou seja, do início da noite até a madrugada.

Utilizando procedimentos semelhantes, foram feitos por Santos e Silva (2013) para a região Norte do Brasil, especificamente para a Amazônia, onde a maior concentração de chuva foi entre 15:00 e 16:00 h local. Com dados horários das estações meteorológicas automáticas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), em intervalos de três em três horas, mostraram a variabilidade espaço temporal do ciclo diário da chuva na região Norte do Brasil (FERREIRA et al., 2013).

Sobre a metodologia para caracterização do ciclo diário de chuva, através de estimativas por satélites, Ferreira et al. (2013) comenta que o ponto mais importante dessa técnica é que a chuva calculada através de algoritmos, na maioria dos trabalhos, consideram o tipo de nuvem.

Medições feitas em pluviômetros de báscula, instalados em estações meteorológicas automáticas (EMA), em Natal-RN, Lopo et al. (2010) constataram que o ciclo diário da chuva se concentra no período noturno. Para o Estado de São Paulo, a concentração de chuva ocorre no final da tarde, principalmente, no verão (ALVES e GALVANI, 2012).

Compreender o ciclo diário de precipitação é um trabalho ainda muito difícil. Isso se deve a diversidade e complexidade de processos físicos de diferentes escalas envolvidas na modulação do ciclo diário. Não obstante, a indisponibilidade de dados em algumas regiões do globo, especificamente o Nordeste brasileiro, onde há poucos registros automáticos na escala horária e, em especial, nas áreas urbanas (LOPO et al., 2010).

2.4. Dados meteorológicos

Segundo Gleiger et al. (1974) uma série temporal é um conjunto ordenado de observações sobre um fenômeno, nas escalas espacial e temporal. Assim sendo, um dos maiores empecilhos para pesquisa na climatologia não é somente a ausência de dados, mas o tamanho das séries ou a qualidade dos dados gerados e/ou armazenados. Uma série climatológica requer um mínimo 30 (trinta) anos de dados ininterruptos. Esse sequenciamento dificulta a formação de séries climatológicas.

Todos os sistemas de observação têm suas limitações, problemas e/ou falhas, tendo como resultado medidas que são, eventualmente, incorretas. Tais dados devem ser identificados e rejeitados pelo sistema de assimilação de dados, objetivando evitar a

utilização de dados que contém erros, gerando assim, um campo de análise de qualidade inferior (ANDREOLI et al., 2007).

As variáveis hidrometeorológicas são registradas por meio de séries temporais que se caracterizam por reunir observações ou medições de determinada variável de modo sequencial ao longo de sua ocorrência no tempo e/ou espaço. As análises destes devem ser realizadas a partir do registro de coleta suficientemente longo e preciso para uma correta e confiável resposta para os problemas analisados (SILVA e ROSA, 2012).

2.4.1. Estação Meteorológica Automática (EMA)

A forma de transmissão dos dados coletados evoluiu muito no decorrer do tempo (SILVA e ROSA, 2012). Para acompanhar o avanço científico e tecnológico na área da meteorologia, existe a grande necessidade de automação de dados, por razões que vão desde a maior capacidade de amostragem e frequência, até as facilidades de transmissão da informação, organização e armazenamento (ALMEIDA, SOUZA e ALCÂNTARA, 2008).

A substituição de estações meteorológicas convencionais no Brasil e no mundo por estações automáticas visam não somente ampliar os locais de coletas de dados, especialmente para aqueles inóspitos à observação convencional, mas buscam a melhoria na qualidade dos dados gerados tanto pela maior precisão instrumental quanto pela maior frequência de obtenção (ALMEIDA, SOUZA e ALCÂNTARA, 2008)

Seguindo a descrição do INMET (2011) uma estação meteorológica automática (EMA) coleta, de minuto a minuto, as informações meteorológicas (temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação, direção e velocidade dos ventos, radiação solar) representativas da área em que está localizada. A cada hora, estes dados são integralizados e disponibilizados para serem transmitidos, via satélite ou telefonia celular, para a sede do INMET, em Brasília. O conjunto dos dados recebidos é validado, através de um controle de qualidade e armazenado em um banco de dados.

A EMA deve ser instalada em uma base física, numa área livre de obstruções naturais e prediais, situada em área gramada mínima de 14/18 metros, cercada por tela metálica (para evitar entrada de animais), com altura do solo de 1,5 metros (INMET, 2011).

2.5. Principais características físicas dos locais estudados.

2.5.1. Campina Grande

Campina Grande localiza-se na mesorregião da Borborema, sendo considerada uma das cidades mais importantes do interior do Nordeste brasileiro, devido a seu caráter polarizador, exercendo influência geoeconômica em todo Compartimento da Borborema, com área territorial de 594,182 km², população estimada (em 2014) de 402.912 habitantes e densidade demográfica de 648,31 hab./km² (IBGE, 2015).

O município de Campina Grande está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 a 1.000 metros. Seu relevo varia de suave ondulado a ondulado, ocorrendo a presença de solos do tipo Planossolos, Argissolos, Litólicos (em grandes elevações), ocorrendo ainda alguns afloramentos de rochas (CPRM, 2005b).

A rede de drenagem é predominante de escoamento intermitente com padrão dentrítico. Encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Médio Paraíba (CPRM, 2005b). Possui um regime pluvial assimétrico, com estação chuvosa de março a julho (CABRAL JÚNIOR, 2012), com precipitação média acima de 700 mm/ano e temperatura média de 23,3° C.

2.5.2. Areia

A cidade de Areia está localizada no Agreste Paraibano, na microrregião do Brejo Paraibano, com destaque para a cultivo da cana-de-açúcar usada, principalmente, na produção de cachaça. A área territorial é de 269,494 km², com uma população estimada, em 2014, de 23.288 habitantes e densidade demográfica de 88,42 hab./m² (IBGE, 2015).

O município de Areia encontra-se na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, na sua escarpa oriental. O relevo é bastante movimentado e a vegetação é formada por florestas subcaducifólica e caducifólica. A rede de drenagem é composta por rios perenes, porém de pequena vazão que compõem a bacia do Rio Mamanguape, além disso, seu potencial de água subterrânea é considerado baixo (CPRM, 2005a).

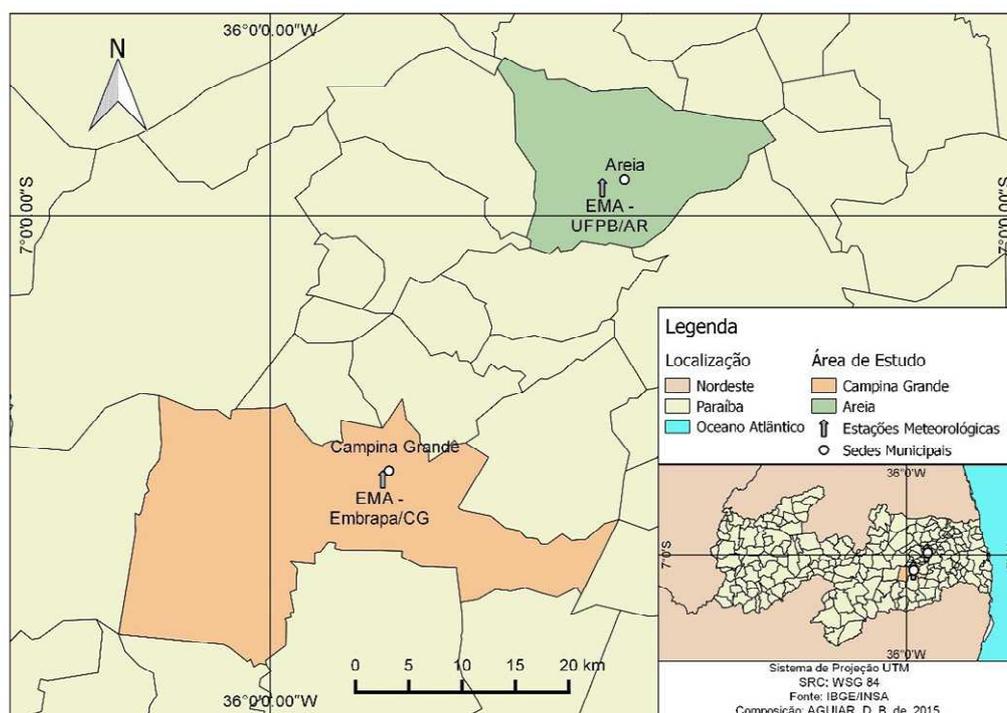
O regime pluvial mensal é irregular em quantidade, distribuição e duração, sendo a estação chuvosa de abril a agosto, com total anual mediano de cerca de 1250mm (ALMEIDA e SILVA, 2008; ALMEIDA, FREITAS e SILVA, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área de estudo

A área de estudo compreende duas localidades do Estado da Paraíba, Campina Grande ($7^{\circ}13'32''$ S e $35^{\circ}54' 17''$ W e 546 m de altitude) e Areia ($6^{\circ}58' 31''$ S e $35^{\circ}43' 5''$ W e 573 m, de altitude), como observa-se na Figura 1.

Figura 1. Localização das áreas de estudos nas localidades de Areia e Campina Grande.



Fonte: IBGE/INSA

3.2 Procedimentos metodológicos para as análises dos dados

Os dados horários de precipitação pluvial foram coletados nas Estações Meteorológicas Automáticas (EMA), pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instaladas no Centro de Pesquisas do Algodão (EMBRAPA), Campina Grande (Figura 3) e no campus da Universidade Federal da Paraíba, em Areia (Figura 4), referentes ao período de 01.01.2008 a 31.12.2014.

Figura 3 Vista da estação meteorológica convencional e automática instalada no Centro de Pesquisa do Algodão (EMBRAPA), em Campina Grande, PB.



Fonte: INMET

Figura 4 Vista da estação meteorológica convencional e automática instalada no campus da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.



Fonte: INMET

As estações meteorológicas automáticas que compõem o referido estudo são compostas por uma unidade de memória central ("data logger"), ligada a vários sensores meteorológicos, dentre eles o pluviômetro de balsa. O sistema de coleta de dados de chuvas se deu mediante varreduras e integra os valores observados minuto a minuto e os

disponibilizam automaticamente em intervalos horários, em Unidades de Tempo Coordenado (UTC).

Os dados foram organizados de duas formas, Geral (que seria toda a série histórica sem separação) e Sazonal (onde os dados foram agrupados por estação do ano, ou seja, todos registros do Verão, da Primavera, do Inverno e Outono). Análises feitas sobre todos os registros horários de precipitação com valor superior a 0,1 mm

De posse da série de dados horários, foi feita uma consistência visual e gráfica a fim de averiguar e/ou detectar erros ou falhas. Assim, os dados que apresentavam algum tipo de falha eram descartados. Em seguida, e para fins práticos, toda a matriz horária foi ajustada ao horário de Brasília, subtraindo três horas do horário UTC. Conforme observa-se na Tabela 1, os dados foram organizados em um modelo de tabela em que as linhas indicam cada dia e as colunas cada hora da amostra em análise. Tendo assim a fácil identificação e localização de eventos e os cálculos e análises de cada hora separadamente.

Tabela 1. Recorte do modelo de tabulação de dados de chuva horários para Campina Grande e Areia.

<i>DIA</i>	<i>MÊS</i>	<i>ANO</i>	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	(...)	20:00	21:00	22:00	23:00
<i>10</i>	<i>12</i>	<i>2008</i>	0	0	0	0	0	(...)	0	0	0	0
<i>11</i>	<i>12</i>	<i>2008</i>	0	0	0,2	0	0	(...)	0	0	0	0
<i>12</i>	<i>12</i>	<i>2008</i>	0	0	1	0,4	0,6	(...)	0	0	0	0
<i>13</i>	<i>12</i>	<i>2008</i>	0	0	0	0	0	(...)	0	0	0	0
<i>14</i>	<i>12</i>	<i>2008</i>	0	0	0	0	0	(...)	0	0	0	0

Os processos de tabulação, organização e cálculos hora-a-hora foram feitos com o uso de uma Planilha Excel (versão 1997-2003, formato .xls), o que permitiu, inicialmente, fazer as análises horárias separadamente.

Após a organização dos dados na escala horária foram calculadas as medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão) na escala horária mediante as expressões 1 e 2.

$$Média = \frac{\sum(x_i)}{N} \quad (1)$$

$$\text{Desvio - padrão} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{N - 1}} \quad (2)$$

Sendo: x_i = o valor horário da chuva, em mm;

X = a média horária da chuva, em mm;

N = número de observações.

Procedimentos semelhantes foram feitos para estabelecer os ciclos horários de chuvas nas escalas mensais e sazonais (estações do ano), em mm.h^{-1} . Assim, os ciclos horários mensais e para cada estação do ano foram determinados pelas médias aritméticas. De posse da apresentação gráfica, foram escolhidos os períodos específicos (dia, turnos e/ou estação) com ocorrência ou não de chuvas.

3.2.1 Análises de frequência horária

A frequência relativa da precipitação (FR) foi calculada utilizando a expressão 3, cujas representações gráficas da distribuição de frequência foram feitas agrupando-as por intervalos de classes e, em seguida, computadas as respectivas frequências relativas nas escalas temporais estudadas.

$$\text{FR}(\%) = \frac{F(h)}{F(24)} \times 100 \quad (3)$$

Sendo:

FR: frequência relativa da precipitação, em %;

$F(h)$: número de eventos ocorridos em intervalos horários;

$F(24)$: número de eventos ocorridos nas 24 horas do dia.

Tal procedimento foi seguido em todo o período de estudo, com a finalidade de se obter a variabilidade horária da precipitação para cada localidade.

Para tanto, foram separadas em arquivos na planilha do Excel para cada mês, por exemplo, para todos os meses de janeiro da série dos anos de 2008, 09, 10, 11, 12, 13 e 2014. As análises de distribuição de frequência foram estabelecidas os histogramas, por

faixas horárias (intervalos de classe) para a toda escala temporal estudada. Fazendo o mesmo procedimento para a escala sazonal (estações do ano).

Seguindo o mesmo procedimento estatístico, foram elaboradas as figuras com as médias aritméticas horárias dos valores de chuvas no período: 2008 a 2014. Esse critério permitiu identificar os picos de máximo e de mínimo de chuvas nas escalas horária, mensal e sazonal.

De posse da série horária, agrupou-se em intervalos de 6 horas, denominados Madrugada (de 00:00 às 05:00 h); Manhã (de 06:00 às 11:00); Tarde (de 12:00 às 17:00) e Noite (de 18:00 às 23:00), sendo calculada as respectivas frequências relativas.

Para classificar a intensidade (em mm/h) foi adotado o critério proposto por Mendes (2013), adaptado de Leite et al. (2011), em quatro níveis: muito fraca, fraca, moderada, forte e muito Forte, sendo estes abreviados para maior facilidade nos gráficos em MFR, FR, M, FT e MFT, respectivamente, cujos valores são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Critério de classificação da intensidade de chuva (mm/h).

CLASSIFICAÇÃO	(mm/h)
Muito Fraca (MFR)	$I \leq 0,25$
Fraca (FR)	$0,25 < I \leq 1,0$
Moderada (M)	$1,0 < I \leq 4,0$
Forte (FT)	$4,0 < I \leq 16,0$
Muito Forte (MFT)	$16,0 < I \leq 50,0$

Fonte: Mendes (2013).

Com este critério, possibilitou-se não somente quantificar as ocorrências de chuva horária e os respectivos ciclos diários, mas qualificá-las conforme a sua intensidade.

Com os dados calculados e separados, foi apresentado graficamente as intensidades de chuva em função da escala temporal (horária e/ou na estação). Para facilitar o entendimento, as intensidades de muita fraca a muito forte foram separadas por turnos diários.

Além disso, considerou-se neste trabalho, uma chuva com intensidade maior ou igual a 16 mm/h como sendo muito forte (MFT), sendo analisada separadamente, de

forma horária e sazonal. Também, foram computados os eventos máximos (absolutos) de chuva em mm/h.

Os critérios para estabelecer a estação chuvosa foram os descritos por Cabral Junior (2012) e Almeida e Silva (2008).

As análises estatísticas, cálculos e as confecções de gráficos e/ou tabelas foram feitos utilizando a Planilha do Microsoft Office Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do ciclo diário da chuva para Areia e Campina Grande

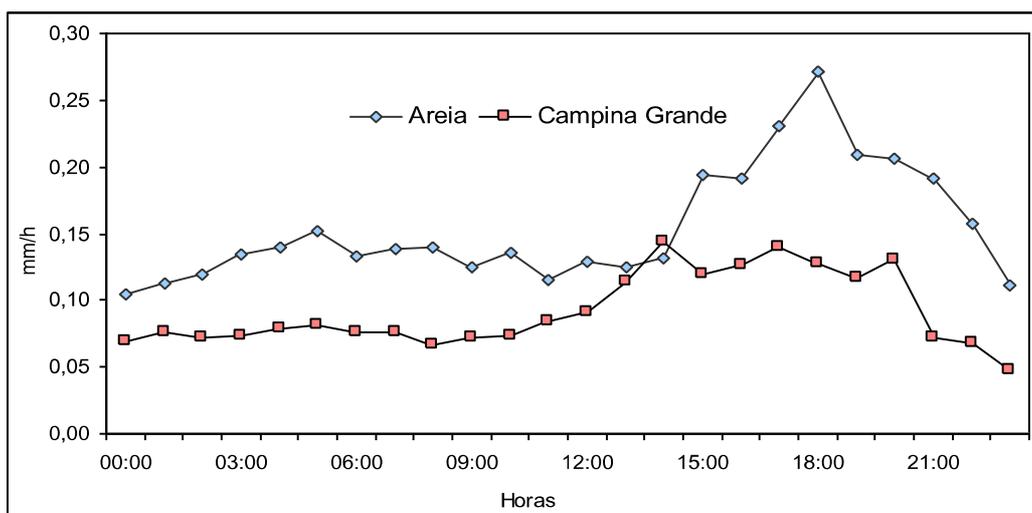
Neste item são abordados os resultados das análises feitas sobre todos os registros horários de precipitação com valor superior a 0,1 mm para as Estações Meteorológicas Automáticas (EMA) de Areia e Campina Grande. As análises horárias foram separadas de forma geral, mensal e sazonal, a fim de obter a variabilidade horária dos seguintes parâmetros: volume médio das precipitações, desvio padrão médio, frequência dos eventos de chuva, frequência dos eventos de chuva por intensidade, e derivados.

4.1.1 Análise geral

4.1.1.1. Média e Desvio Padrão da chuva no ciclo diário

Para as estações de Areia e Campina Grande as curvas de média aritmética mostraram-se com certa semelhança (Figura 5), porém com discrepâncias em relação aos valores médios da curva e o seu respectivo pico, principalmente. A estação localizada em Areia mostrou-se com maior variabilidade no seu ciclo diário do que em Campina Grande. Sabendo-se, também, que a média de precipitação anual da primeira foi maior que a segunda (1344,9 mm e 750 mm respectivamente, para o período estudado 2008-2014).

Figura 4. Média aritmética da chuva horária de Areia e Campina Grande (2008-2014).

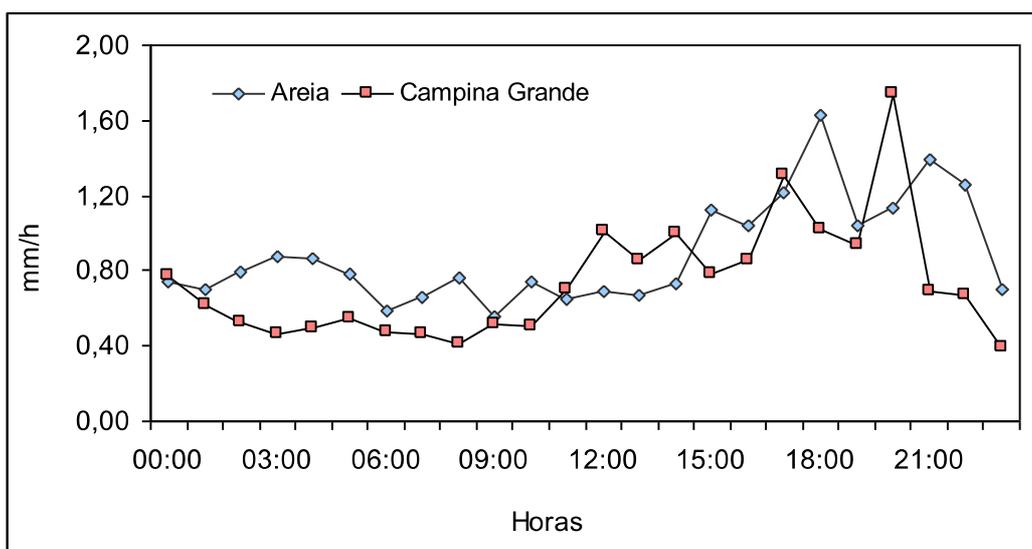


Percebe-se que Areia tem uma média de chuva horária maior que Campina Grande ($0,154$ e $0,09$ mm.h^{-1} respectivamente), sendo seus maiores valores concentrados no período da tarde/noite (no começo da tarde às 14:00h para Campina Grande com pico de $0,145$ mm.h^{-1} , e no final da tarde às 18:00h para a estação de Areia, com pico de $0,272$ mm.h^{-1}), o que confirma a teoria de Souza e Rocha (2006b), quando afirmam, de forma geral, que em regiões tropicais, os picos máximos ocorreriam a tarde e os mínimos durante a manhã, influenciando, assim, os valores médios. Resultados parecidos também foram encontrados na região norte do Rio Grande do Sul e centro-leste do Paraná por Varone, Ferreira e Alves (2012).

Kousky (1981) já indicava em seu trabalho a tendência de chuvas máximas na faixa de horas entre 15:00 – 21:00 horas nas áreas entre 150 e 300 km do litoral, e também em áreas de elevação.

O desvio padrão visto na Figura 5 a variação horária dos volumes de chuva para as duas estações é parecida, sendo maior no período da tarde/noite (onde estão os maiores valores de desvio padrão em mm.h^{-1}).

Figura 5. Desvio Padrão médio da chuva horária para Areia e Campina Grande (2008-2014).



4.1.1.2 Frequência de chuva no ciclo diário

Com o cálculo de frequência de eventos de chuva a partir de 0,1 mm/h, foi observado mais detalhadamente as horas/períodos que concentram o maior número de eventos de chuva. Nas Figuras 6 e 7, a distribuição dos eventos de chuva no ciclo horário separados por faixas de 6 horas cada é demonstrada, são elas: Madrugada (00:00 à 05:00h), Manhã (06:00 à 11:00h), Tarde (12:00 à 17:00h) e Noite (18:00 à 23:00h).

Figura 6. Distribuição de frequência de chuva durante o dia por faixas de horas para Areia – PB, (2008-2014).

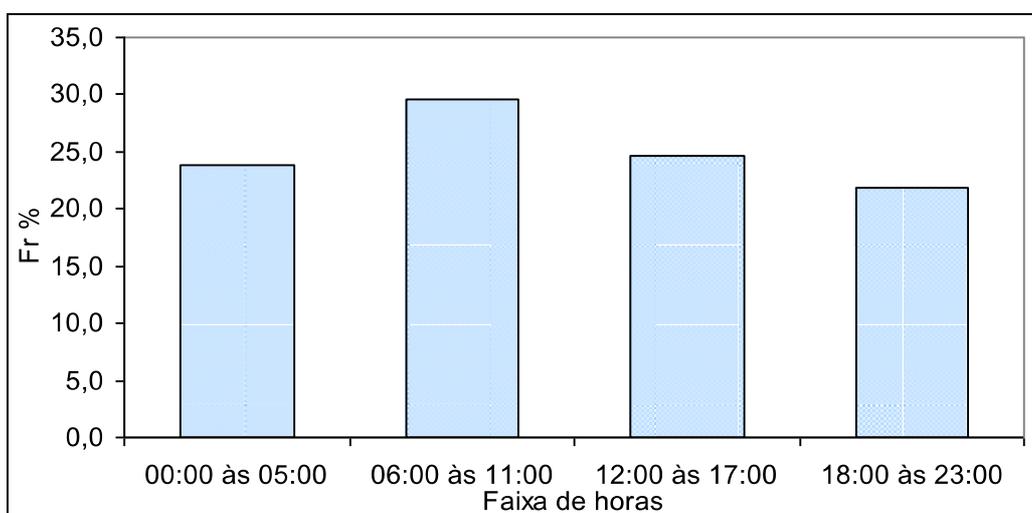
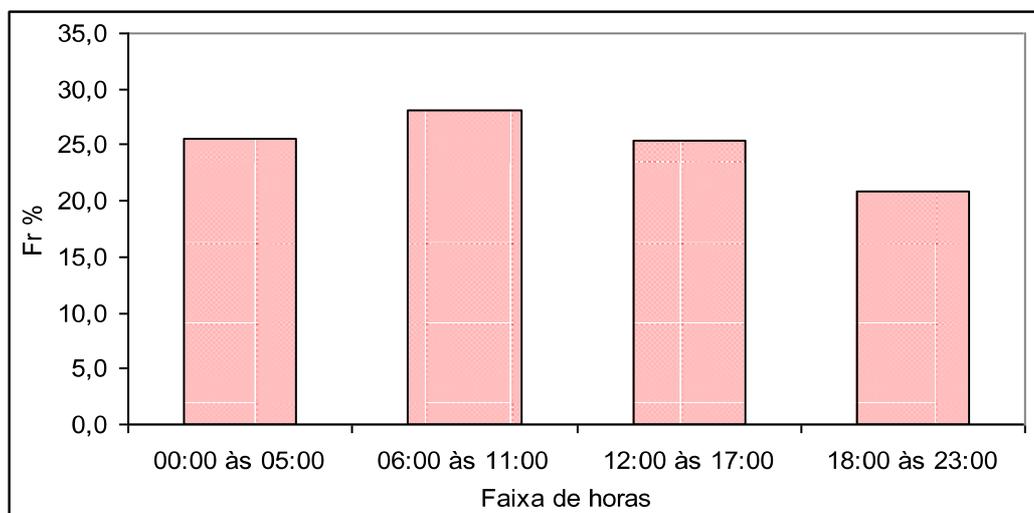


Figura 7. Distribuição de frequência de chuva durante o dia por faixas de horas para Campina Grande – PB, (2008-2014).



Pode-se perceber que, para as duas estações, o comportamento foi praticamente o mesmo, tendo a manhã como período com mais eventos de chuva (29,5 e 28,1 % respectivamente) e a noite como período em que ocorrem menos eventos de chuvas (21,9 e 20,1 % para Areia e Campina Grande). Sendo assim, haja vista as figuras 5, 6, 7, e 8, pode-se notar que, mesmo tendo médias aritméticas concentradas no período da tarde/noite, a maior quantidade de eventos é registrada no período da manhã.

Para os dados totais dos sete anos estudados (2008 a 2014), foi caracterizada, também, a chuva enquanto sua intensidade indicada por mm/h. Nas Figuras 8 e 9, seguindo a metodologia feita em outros trabalhos como o de Mendes (2013), dividiu-se a chuva por intensidades diferentes, indo de muito fraca a muito forte (ver tabela 2).

Nestas figuras, observa-se que foram das chuvas mais fracas as maiores ocorrências, sendo as entre 0,25 e 1 mm/h (fraca), 33,1% do total para Areia e as abaixo de 0,25 mm/h (muito fraca) com 38,6 % do total para Campina Grande. Seguindo nas demais faixas de intensidade numa regressão até as chuvas muito fortes (acima de 16 mm/h) que são as menos frequentes.

Figura 8. Distribuição de frequência de chuva por níveis de intensidade para Areia –PB, (2008-2014).

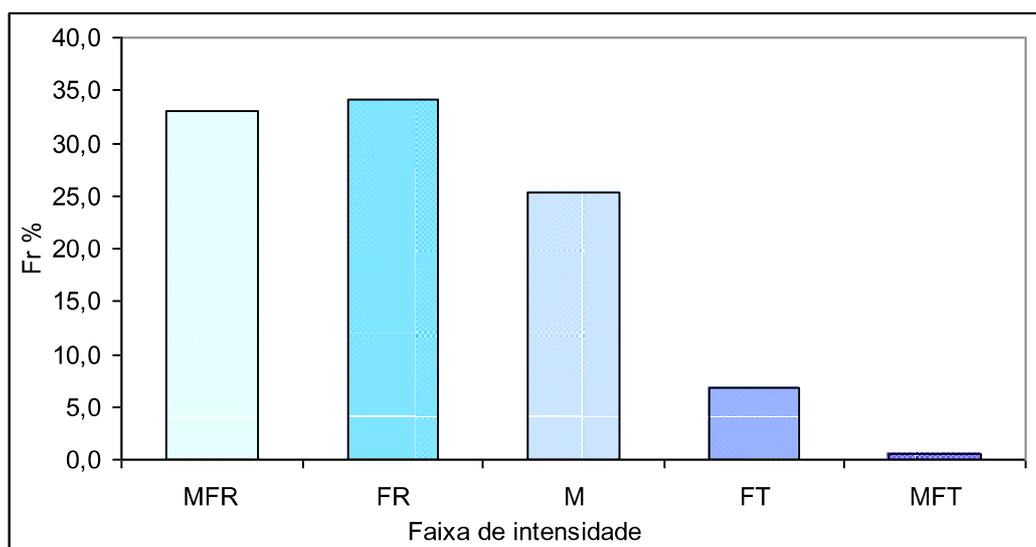
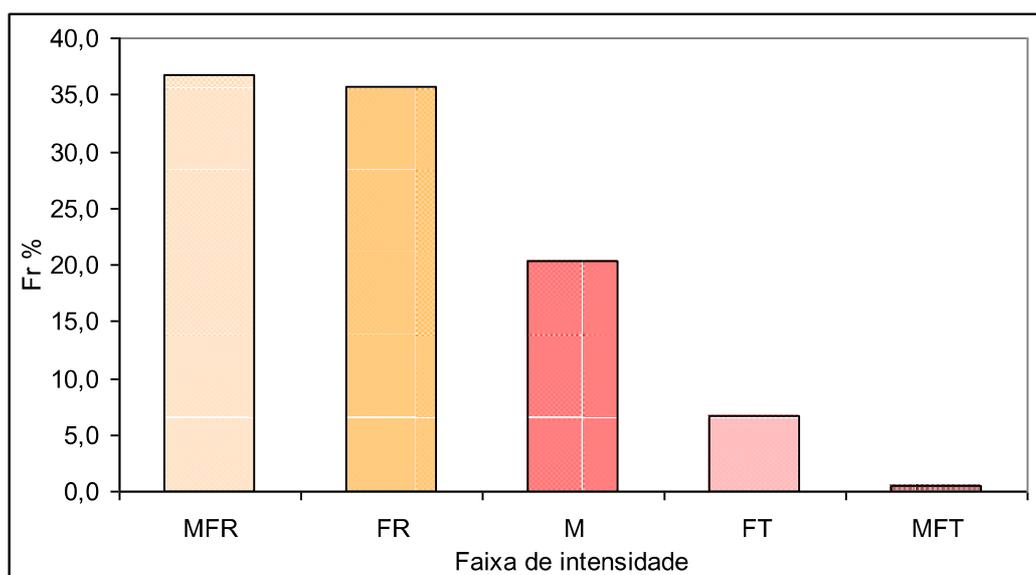


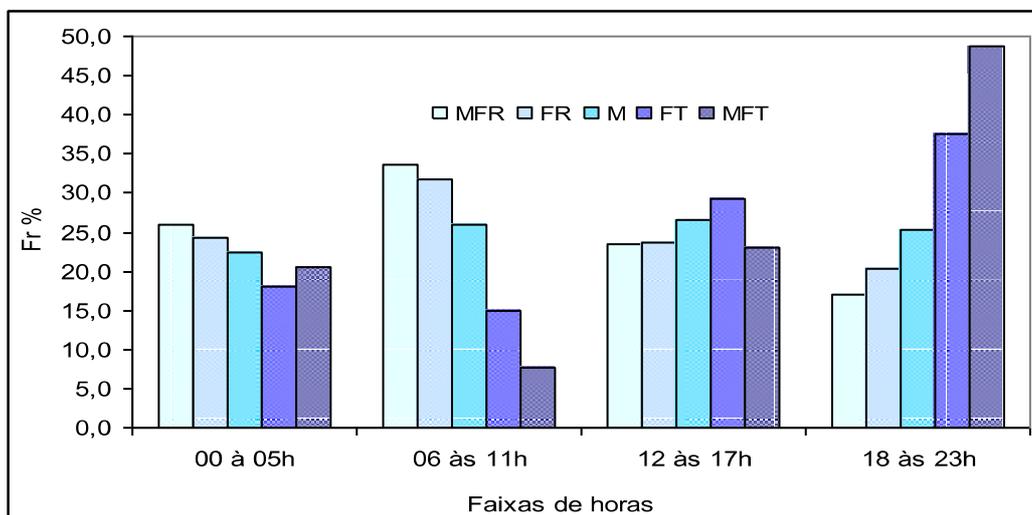
Figura 9. Distribuição de frequência de chuva por níveis de intensidade para Campina Grande – PB, (2008-2014).



A distribuição de frequência por faixas de horas (Figuras 10 e 11) indicam a concentração de chuvas fortes (FT= 4,0 < 16 mm/h) e muito fortes (MFT = <16 mm/h) no período da tarde. Percebe-se que há uma diferença para as estações meteorológicas automáticas (EMA), em relação à intensidade da chuva no seu ciclo diário. Para Areia – PB (Figura 11) as chuvas muito fortes se concentram na faixa da noite (18:00h às 23:00h) com 48,7% dos eventos dessa intensidade nesta faixa de horas. Sua menor concentração foi na parte da manhã (06:00h às 11:00h), enquanto que as chuvas mais

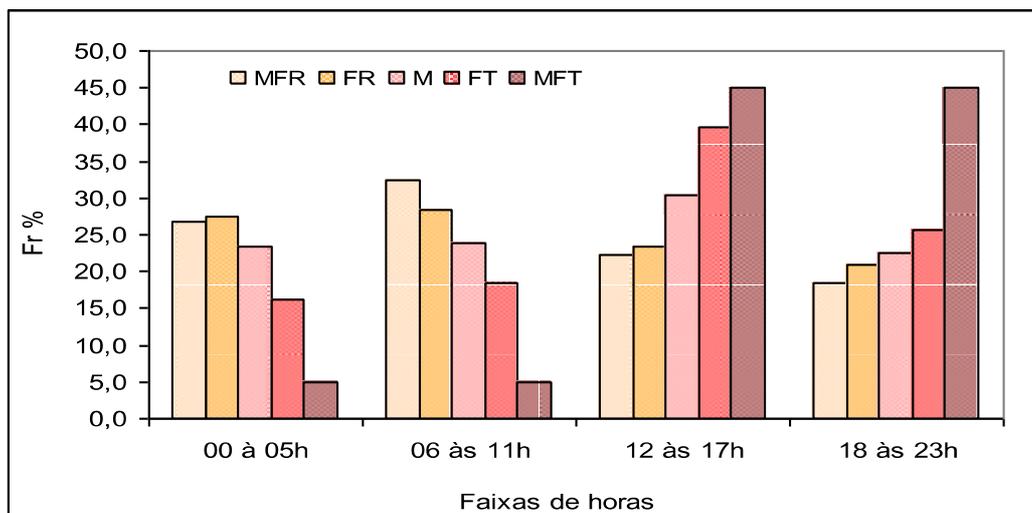
fracas (MFR e FR) aparecem distribuídas durante todo o dia, com destaque na faixa entre às 06:00h e 11:00h.

Figura 10. Distribuição de frequência de chuva horária com diferentes níveis de intensidade para Areia – PB por faixa de horas, (2008-2014).



Para Campina Grande – PB (Figura 11), esta distribuição se mostrou mais concentrada, principalmente para as chuvas muito fortes (MFT), que foram presentes em 88,9 % dos casos entre o período da tarde (12:00h às 17:00h) até o da noite (18:00h às 23:00h), restando os outros 11,1% estão no restante do dia. As chuvas muito fracas (MFR) e fracas (FR) aparecem com mesma tendência simétrica sem grandes variações durante o dia.

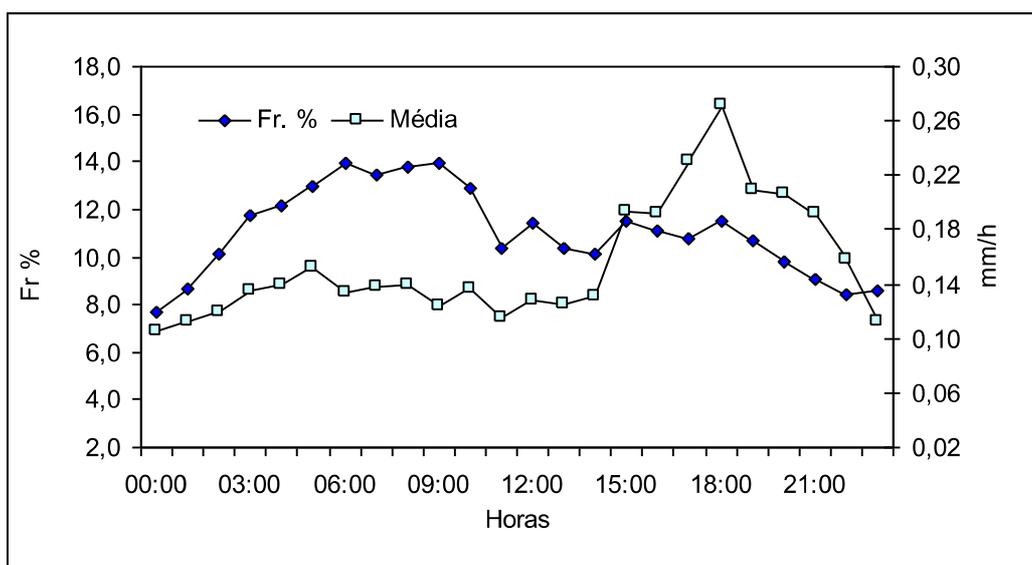
Figura 11. Distribuição de frequência de chuva horária com diferentes níveis de intensidade para Campina Grande – PB por faixa de horas, (2008-2014).



Em um comparativo entre a intensidade média das precipitações e a frequência dos eventos durante o ciclo diário da chuva, é nítida a relação oposta entre as duas variáveis. Na Figura 12 e 13, como forma de demonstrar esta relação, nota-se que em ambas existe esta discordância das curvas de média e frequência, tendo maior quantidade de eventos de chuva no período da manhã, porém um volume médio maior no período da tarde, como já demonstrado no comparativo das Figuras 4, 5, 6 e 7.

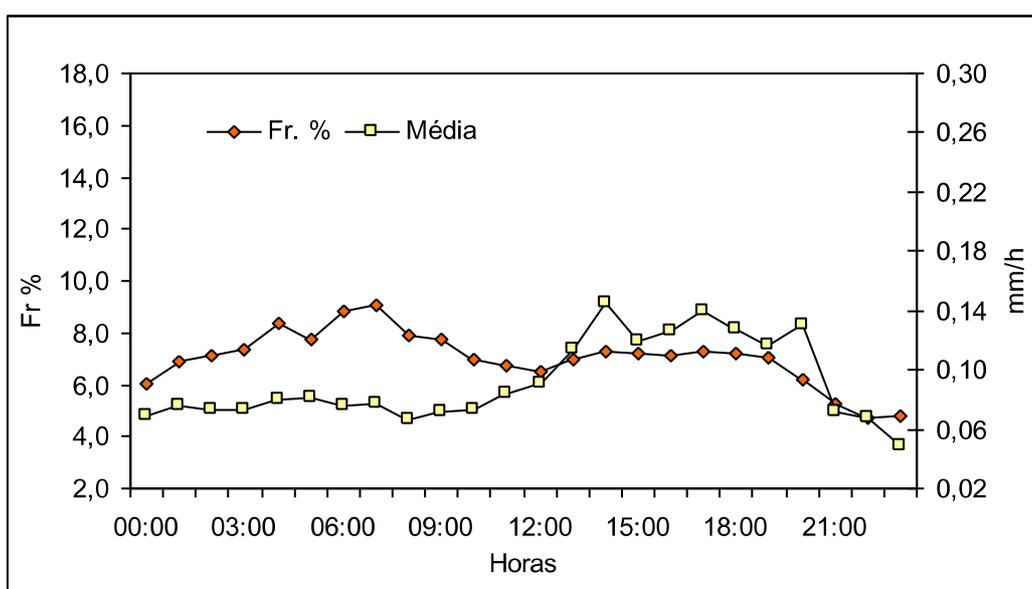
Para Areia (Figura 12) os picos de frequência foram as 06:00 e 10:00 horas. No período da tarde ocorre uma queda na porcentagem, chegando ao seu mínimo no turno da noite. Já a curva da média de chuva (mm) indica uma concentração isolada às 18:00 horas no final da tarde. É perceptível, portanto, que mesmo com maior ocorrência de eventos de precipitação pela manhã, estes correspondem as chuvas de baixa expressão, enquanto que a tarde as chuvas são mais intensas, com valores milimétricos consideráveis.

Figura 12. Frequência de chuva (%) e média (mm) horária para a estação de Areia –PB, (2008–2014)



Para a estação de Campina Grande (Figura 13) a mesma relação é demonstrada. Nela, percebe-se que seguindo a tendência vista na localidade de Areia, as chuvas pelo turno da manhã são mais frequentes, porém, é no período da tarde que se concentra os maiores valores de intensidade de chuva.

Figura 13. Frequência de chuva (%) e média (mm) horária para a estação de Campina Grande –PB, (2008-2014).

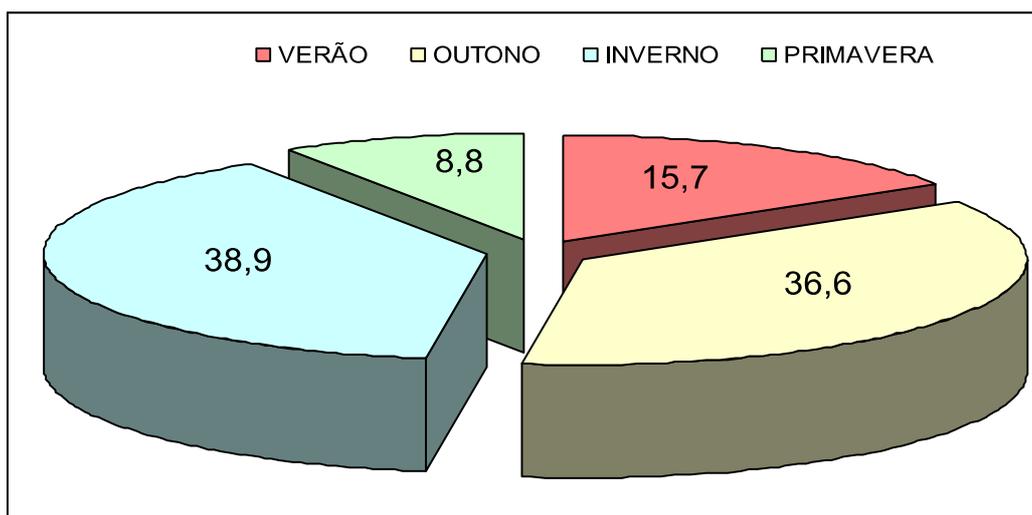


4.1.2 Análise sazonal

Os dados horários, além de caracterizar o próprio ciclo diário da chuva, auxiliam, também, nas análises temporais com maiores intervalos. Com isso, a precisão dos dados de hora em hora, podem servir como base de estudos em escala mensal e sazonal, por exemplo.

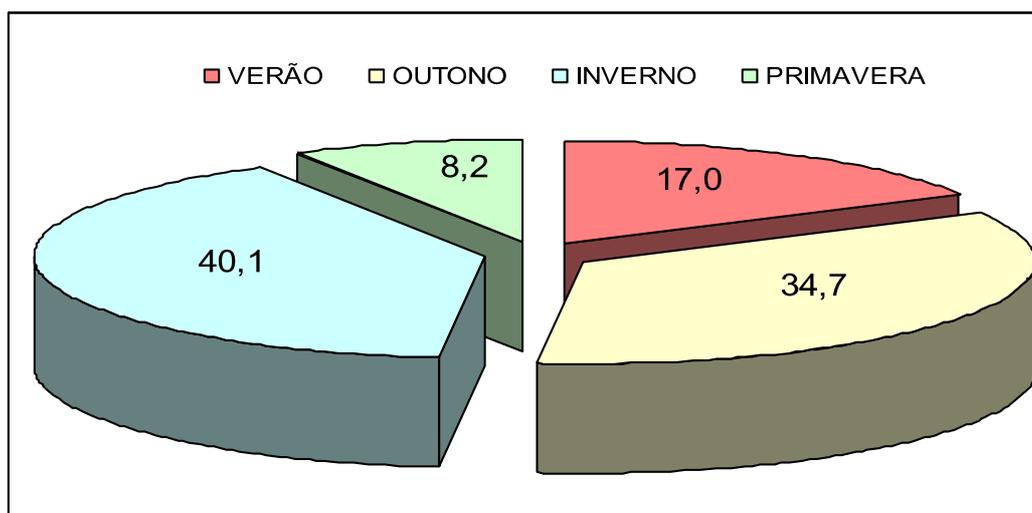
Nas Figuras 14 e 15 pode-se observar esse tipo de análise. A chuva horária na estação de Areia (Figura 14) se concentrou principalmente no inverno com 38,9% do total de horas com chuva, mas também, com grande número para o outono 36,6, concordando com o trabalho de Almeida e Silva (2008). Durante o verão ocorreram 15,7% e a primavera se mostrou a estação mais seca com apenas 8,8%.

Figura 14. Distribuição sazonal (em %) dos eventos de chuva para Areia – PB, (2008-2014).



Em Campina Grande (Figura 15) a distribuição dos eventos de chuva foi muito semelhante com a de Areia – PB, com concentração maior no inverno (40,1 %) e no outono (34,7%), estando o verão com 17 % dos eventos e a primavera com apenas 8,2%.

Figura 15. Distribuição sazonal (em %) dos eventos de chuva para Campina Grande – PB, (2008-2014).



O ciclo diário da chuva apresenta variações intra-anual, portanto, os maiores volumes médios horários de chuva precipitada tendem a seguir o próprio regime pluvial anual de cada local. Assim sendo, a estação chuvosa também é mostrada pelo ciclo diário da chuva, tendo ela maiores valores em mm/h do que as demais épocas do ano. Nas figuras 16 e 17, 18, 19, 2, 22, 23 e 24 é apresentado a intensidade horária média relacionada com a distribuição de frequência de forma sazonal para as estações de Areia e Campina Grande.

Percebe-se que durante o verão (Figuras 16 e 17) os maiores valores de intensidade média são encontrados durante o período da tarde/noite (12:00 às 23:00), enquanto que a maior frequência de eventos é encontrada durante o turno da madrugada/manhã (00:00 às 11:00). Ou seja, as chuvas convectivas (caracterizam-se pelo grande volume precipitado em pouco tempo, sendo predominante no final da tarde) fazem com que a média aritmética de chuva entre às 12:00 e as 23:00 horas seja alta, acarretando numa curva acentuada. Porém, estes eventos de chuvas convectivas com altas intensidades não são muito frequentes em relação ao ciclo horário da chuva para o verão, ocorrendo mais eventos de volumes de precipitação menos intensas durante o período da manhã, levando, assim, a curva de frequência ter um pico maior neste período.

Figura 16. Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Verão na estação de Areia, (2008-2014).

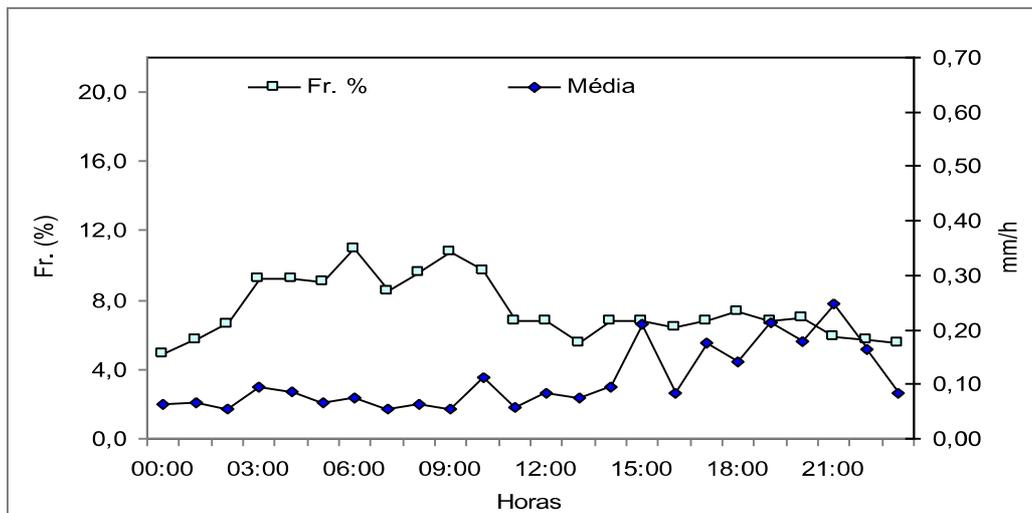
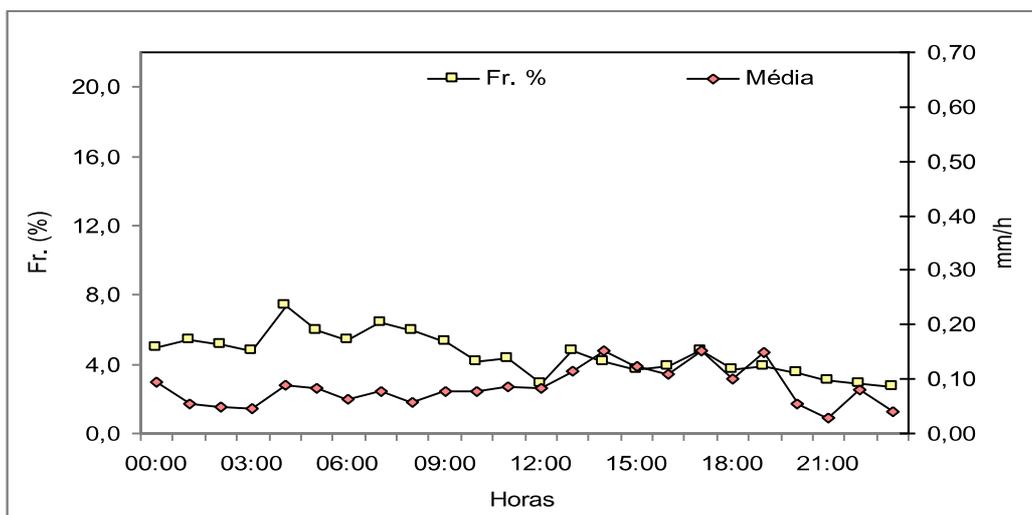


Figura 17. Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Verão na estação de Campina Grande, (2008-2014).



Já no outono, a curva de frequência apresenta, também, destaque no turno da tarde, tendo assim dois picos característicos (figuras 18 e 19). A presença de chuvas intensas é indicada pela curva de média de chuva, que se concentra no período da tarde, enquanto que durante a manhã ocorrem os eventos de chuva com menores valores. Destaca-se, ainda, a baixa frequência de eventos próximos a 12:00 e 23:00, em contrapartida aos dois picos durante o dia, mostrando assim, uma variação muito alta durante o ciclo diário tanto para Areia quanto para Campina Grande.

Figura 18. Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Outono na estação de Areia, (2008-2014).

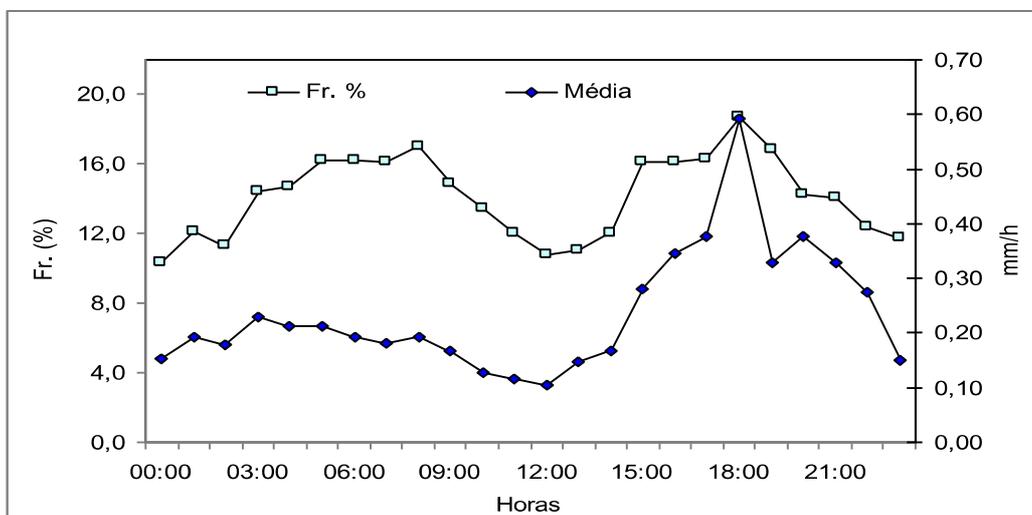
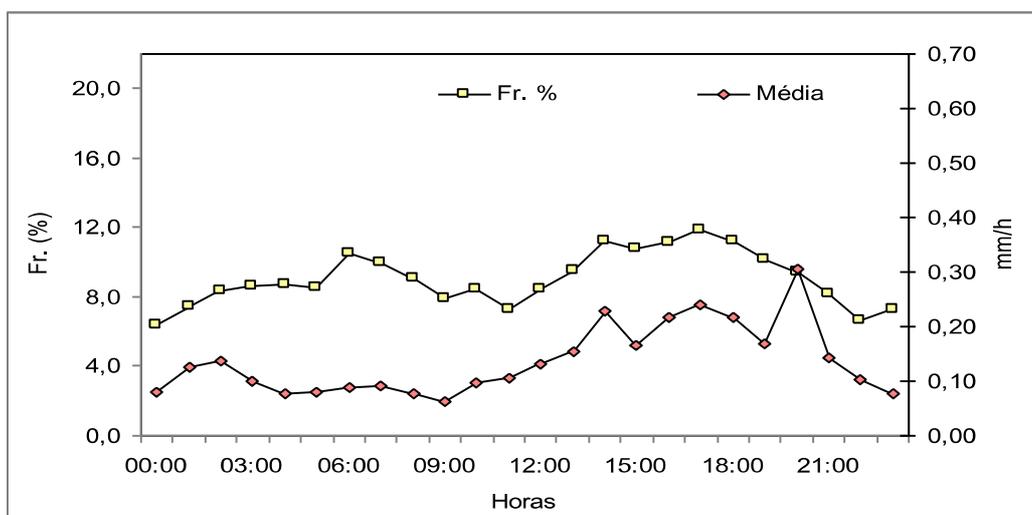


Figura 19. Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Outono na estação de Campina Grande, (2008-2014).



No Inverno (Figuras 20 e 21) foram registradas as maiores frequências de chuva para os dois locais, com ocorrência maior durante o dia do que durante a noite, com pico às 10:00 horas para Areia e às 06:00 - 07:00 para Campina Grande. A média de chuvas apresentou um pico bem demarcado às 18:00 horas na localidade de Areia, e mais longo na localidade de Campina Grande (das 13:00 às 18:00 horas). Estes resultados se aproximam dos resultados apresentados por Alves e Galvani (2012) no mesmo período

do ano, no município de São Paulo – SP, tendo as demais estações do ano maior frequência de chuva no período da tarde/noite.

Figura 20. Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Inverno na estação de Areia, (2008-2014).

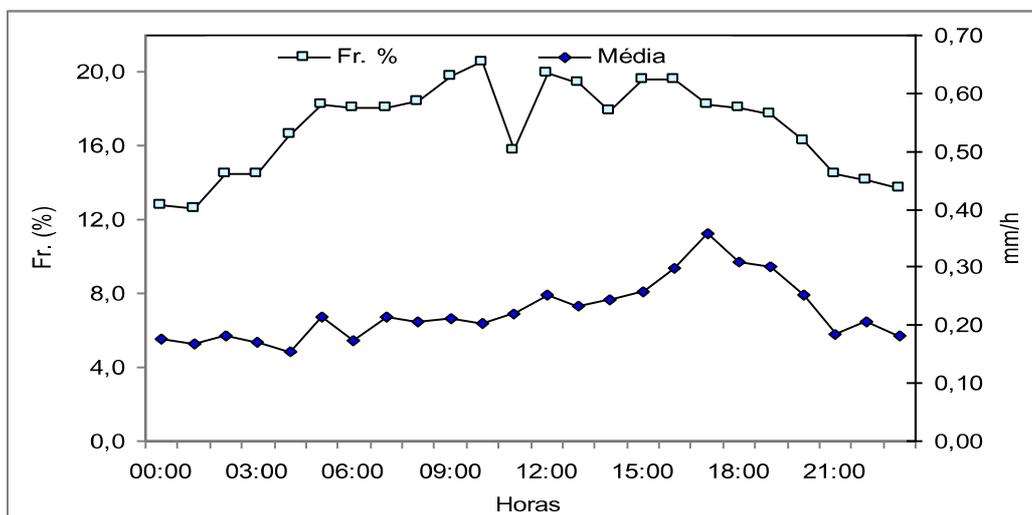
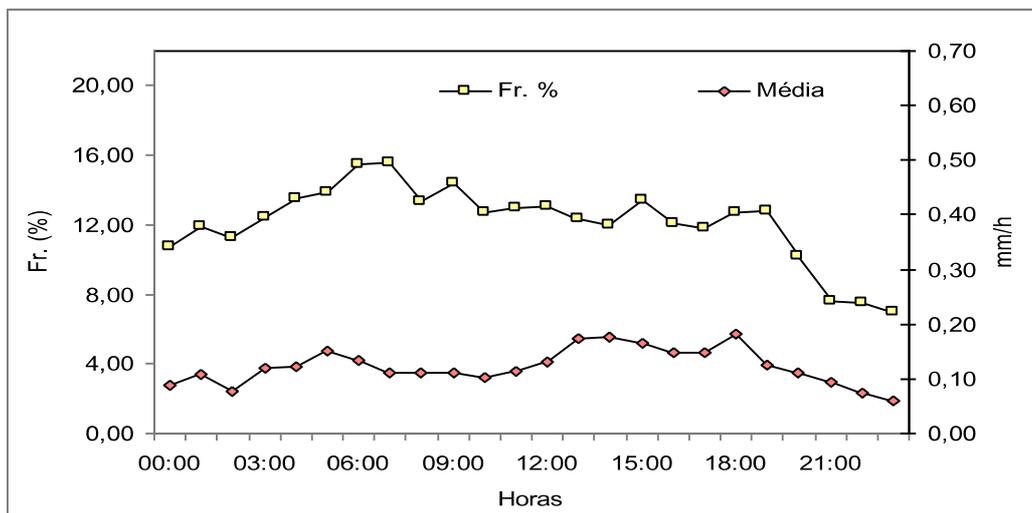


Figura 21. Intensidade de precipitação média e frequência horária para o Inverno na estação de Campina Grande, (2008-2014).



Os valores observados no período considerado mais chuvoso (outono/inverno) para as localidades de Areia e Campina Grande apontam maior concentração no período da tarde/noite, que por sua vez não concordam com os demonstrados por Lopo et al. (2010) em Natal – RN, onde 65% da precipitação ocorreu entre 20:00 e 08:00 horas.

A primavera (Figuras 22 e 23) tem os menores valores tanto de frequência quanto de volume médio de chuva, sendo estas duas variáveis com curvas bastante próximas. O período da manhã apresentou o maior volume médio, diferente das demais estações do ano.

Figura 22. Intensidade de precipitação média e frequência horária para a Primavera na estação de Areia, (2008-2014).

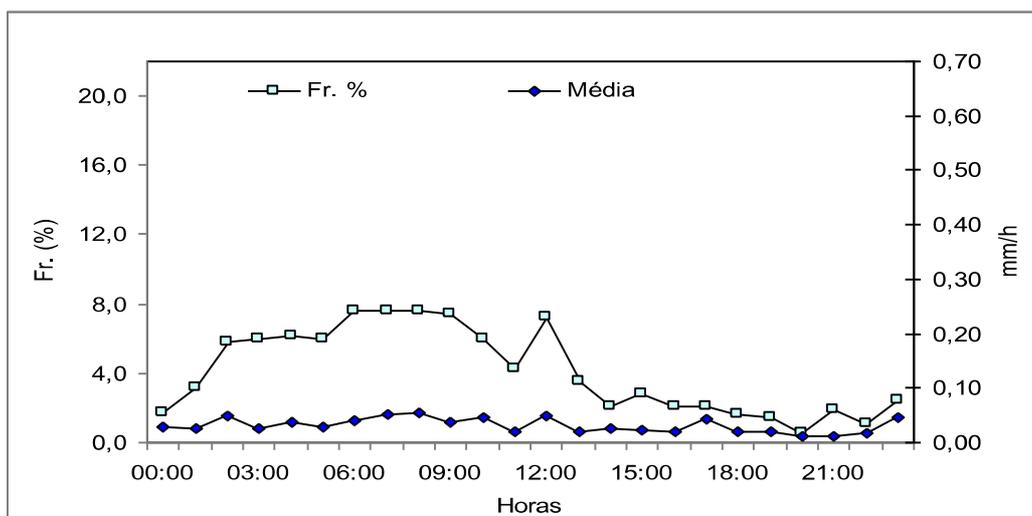
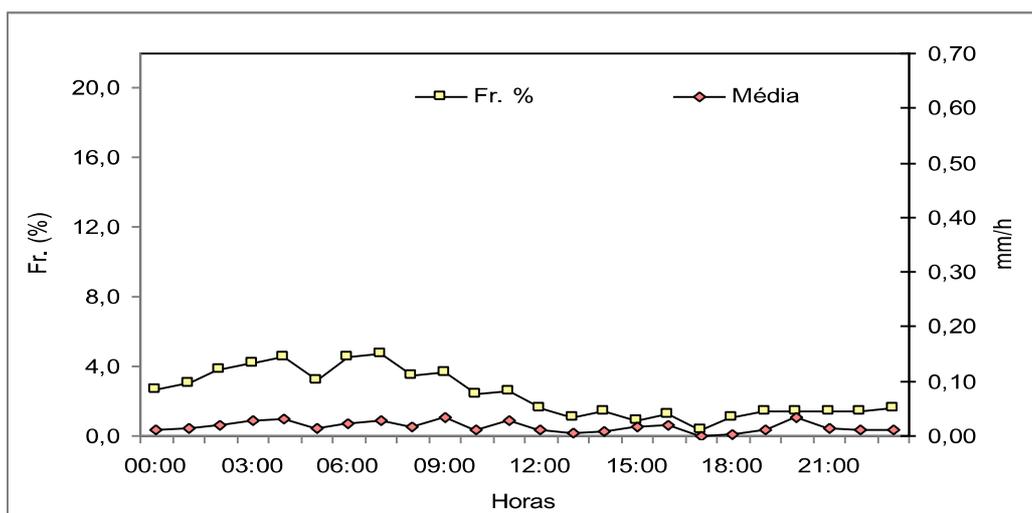


Figura 23. Intensidade de precipitação média e frequência horária para a Primavera na estação de Campina Grande, (2008-2014).



Em reação a intensidade da chuva, foi calculada através da distribuição de frequência de chuva horária por faixas, a ocorrência de precipitação em diferentes níveis

(Figuras 24 e 25). Através dessa qualificação, é notável que a chuva considerada muito fraca (MFR) segue uma ordem crescente entre o verão e inverno, da mesma forma as chuvas fracas (FR) e moderadas (M). Seguindo uma curva diferente, as chuvas mais fortes, provenientes principalmente de convecção, tendem a estar durante os períodos de maior concentração de energia na atmosfera, sendo assim, a precipitação considerada forte (FT) tem seu pico no outono/inverno, assim como a muito forte (MFT). Esta última aparece em maior número no outono em Areia e no verão em Campina Grande.

Figura 24. Distribuição sazonal da frequência de chuva horária com diferentes níveis de intensidade para Areia – PB, (2008-2014).

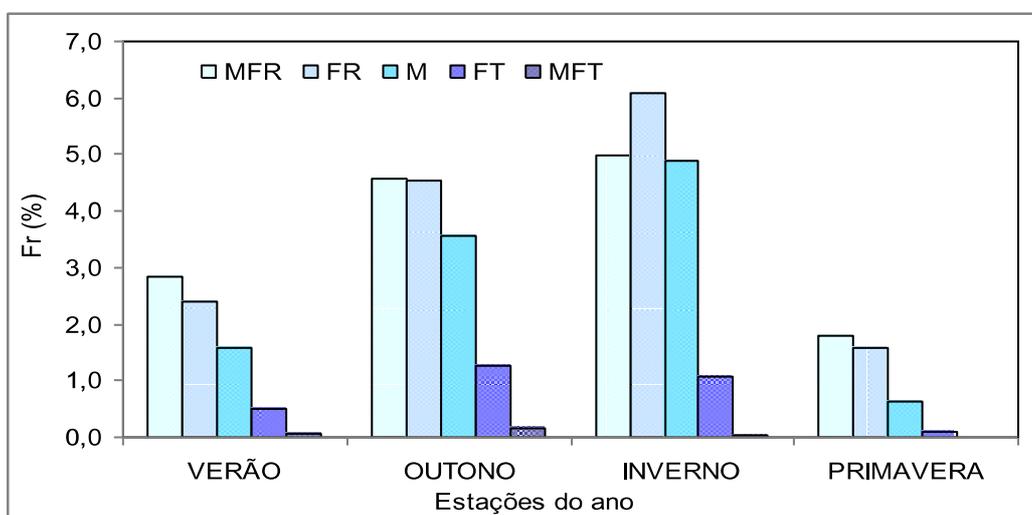
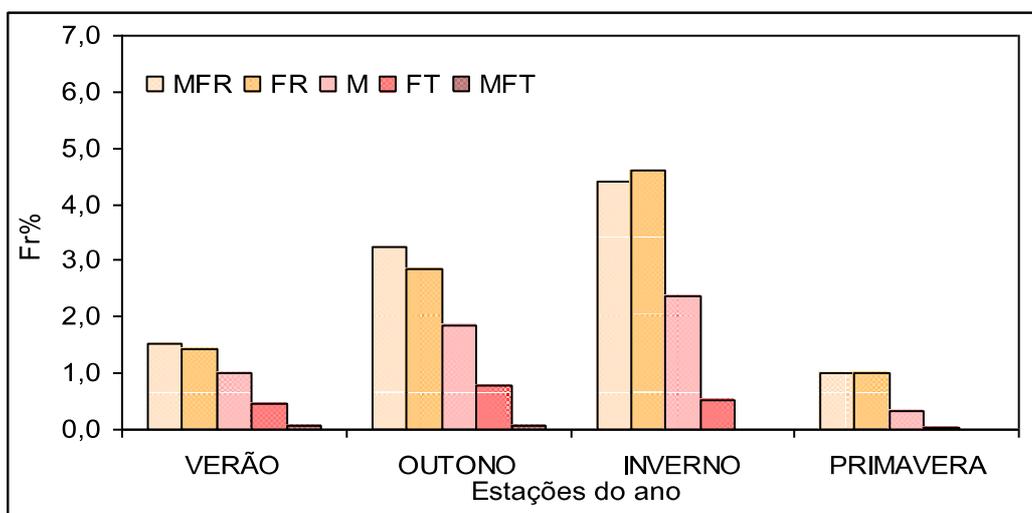


Figura 25. Distribuição sazonal da frequência de chuva horária com diferentes níveis de intensidade para Campina Grande – PB, (2008-2014)

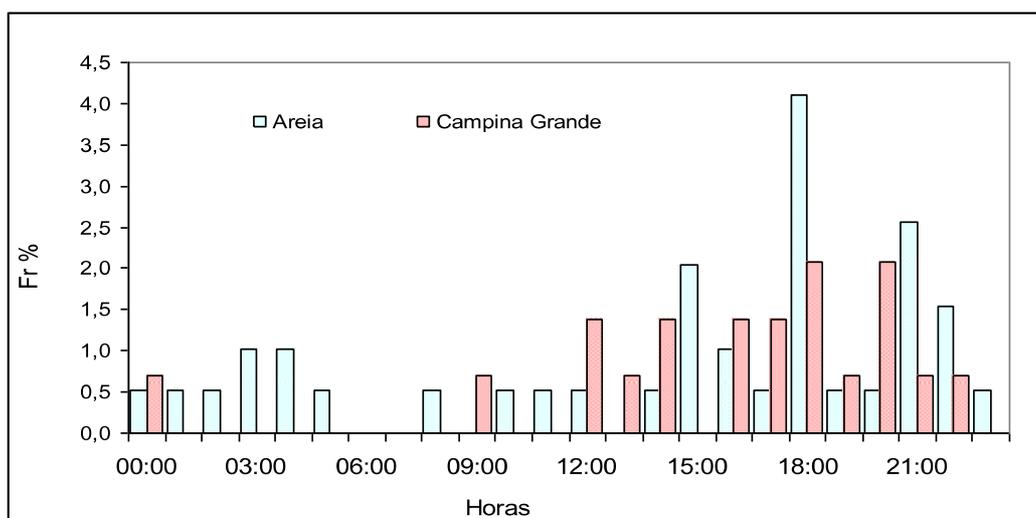


4.2. Análise dos de eventos extremos.

Separando-se apenas os eventos de chuva acima de 16 mm/h, que foram considerados extremos, foi demonstrada na Figura 26, a sua distribuição no ciclo diário. Observa-se que o período da tarde/noite concentra de fato a maior parte da chuva muito forte (MFT), sendo 61,7 % para Areia e 90 % para Campina Grande, resultados que aparecem também em Santos Neto (2014) para a localidade de Porto Velho – RO, porém com uma distribuição maior ao longo do ciclo diário.

A localidade de Campina Grande tem a distribuição dos eventos mais concentrada quase unicamente no período da tarde/noite enquanto que Areia apresenta eventos extremos em quase todas as horas (Figura 26).

Figura 26. Distribuição de frequência dos eventos de chuva intensa (MFT) horária Areia e Campina Grande, (2008-2014).



Nas Figuras 27, 28 e 29 é indicada esta distribuição de eventos com chuva muito forte (MFT) para cada estação do ano. A maior parte dos eventos ocorrem entre Verão e Outono (93,1 %), enquanto que os outros 6,9 % são distribuídos entre Inverno e Primavera, sendo a última estação com menos registros, levando em consideração os dados das duas estações meteorológicas.

Areia apresenta maior quantidade de eventos de chuva intensa durante o Outono (66,7 % dos eventos), enquanto que Campina Grande tem a maior frequência de eventos durante o Verão, com 50 % das ocorrências de chuvas acima de 16 mm/h. Santos Neto

(2014), em seu trabalho sobre Porto Velho – RO, mostrou uma maior concentração da chuva extrema durante o verão, usando um volume mínimo de 10 mm/h.

Figura 27. Distribuição de frequência de chuva intensa (MFT) horária durante o Verão para Areia e Campina Grande, (2008-2014).

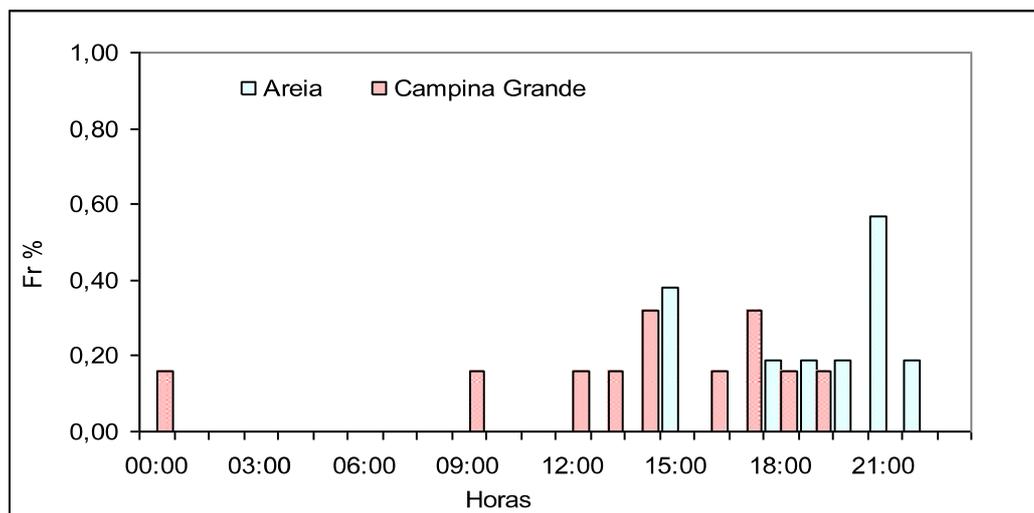


Figura 28. Distribuição de frequências de chuva intensa (MFT) horária durante o Outono para Areia e Campina Grande, (2008-2014).

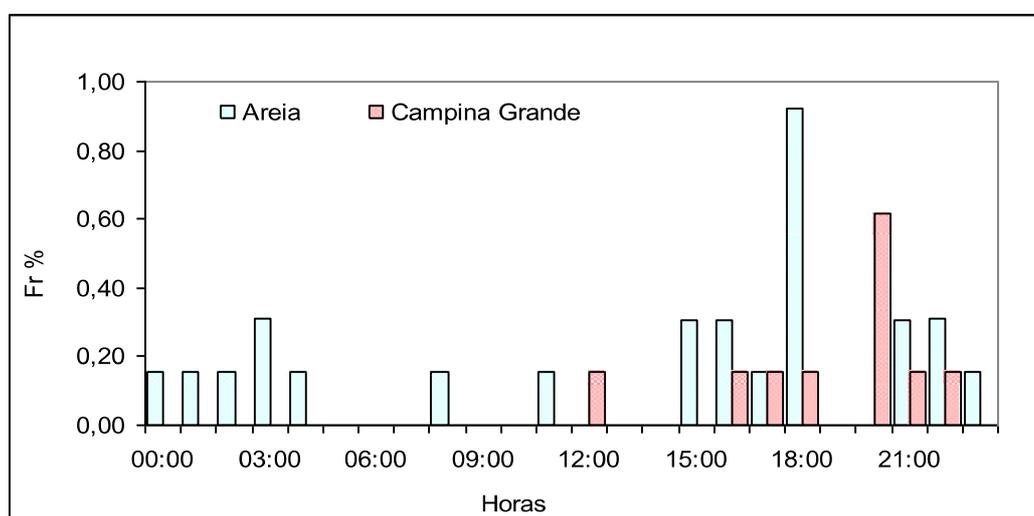
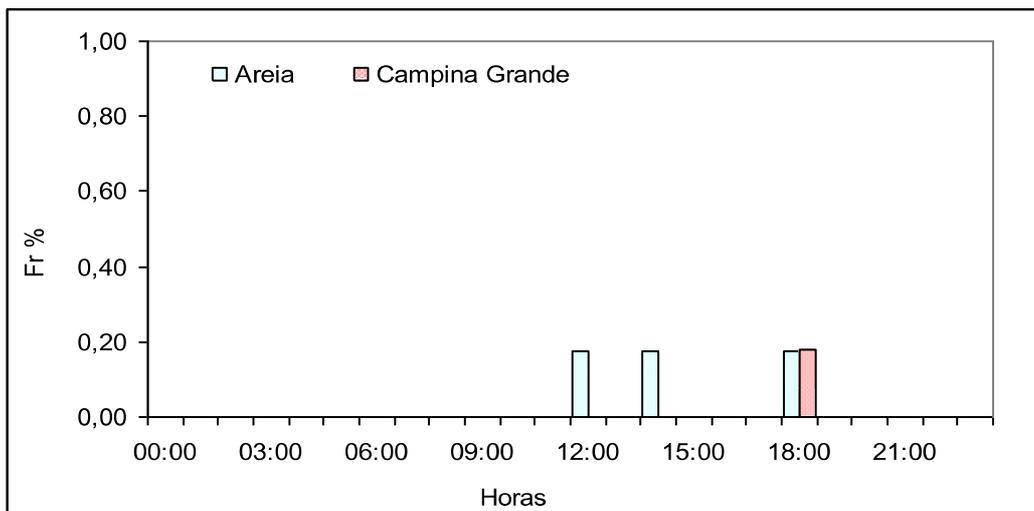


Figura 29. Distribuição de frequências de chuva intensa (MFT) horária durante o Inverno para Areia e Campina Grande, (2008-2014).



Eventos máximos foram registrados, principalmente, entre tarde e noite nas duas estações, como é demonstrado nas Figuras 30 e 31. Destacando-se os 44,2 e 41,4 mm/h registrados em Areia às 18:00 horas do dia 04/05/2011 e 22:00 horas do dia 17/02/2014 respectivamente, e os 51,2 e 72,4 mm/h registrados em Campina Grande às 17:00 horas do dia 13/ 02/2011 e às 20:00 horas do dia 28/04/2011, todos eventos ocasionados pela proximidade da ZCIT na Paraíba (CABRAL JUNIOR, 2012)

Figura 30. Distribuição dos valores extremos de chuva horária para Areia, (2008-2014).

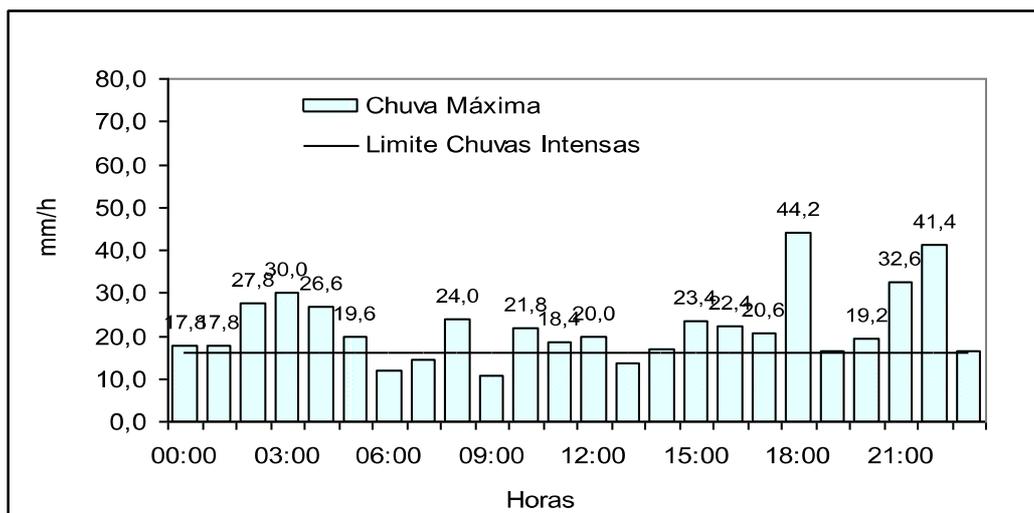
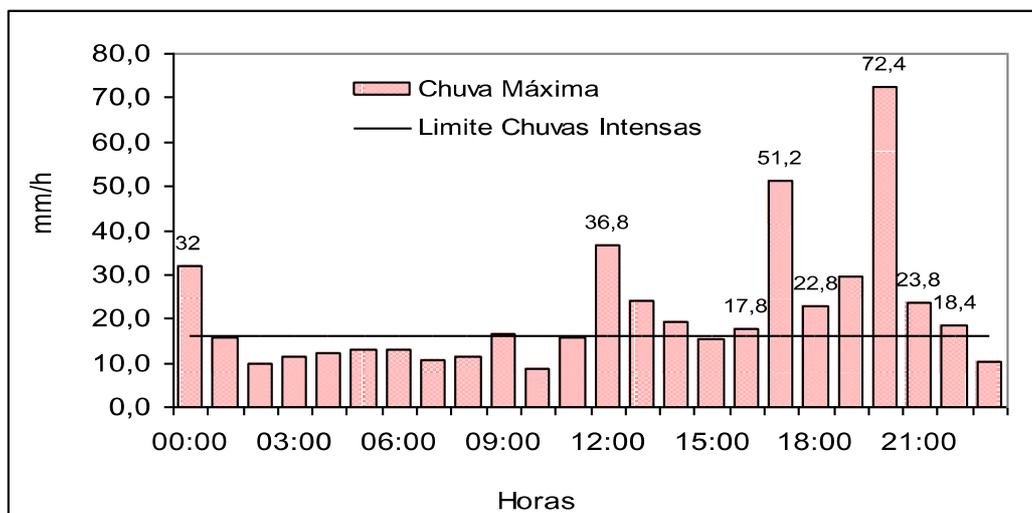


Figura 31. Distribuição dos valores extremos de chuva horária para Campina Grande, (2008-2014)



Tais eventos com grande intensidade de precipitação, em pouco espaço de tempo, aliados ao tipo de solo ou cobertura, geram um escoamento superficial de forma intensa, que ocorre quando a água, vinda da atmosfera em forma de chuva, não consegue infiltrar no solo, tendo assim que escoar, gravitacionalmente, para áreas mais baixas, sendo maior a velocidade em locais com declividade do relevo mais acentuada, gerando grandes enxurradas e deslizamentos, além de problemas com alagamentos vistos principalmente em algumas áreas baixas em Campina Grande.

CONCLUSÃO

Pelos resultados encontrados conclui-se que:

- ✓ Nas duas localidades estudadas, a precipitação pluvial é distribuída de forma irregular durante o ciclo horário, tanto em frequência de eventos quanto em intensidade (mm/h);
- ✓ Areia teve uma média de chuva horária maior que Campina Grande (0,154 e 0,09 mm/h respectivamente), sendo seus picos médios de ambas as localidades concentrados no período da tarde;
- ✓ O período entre a tarde e noite concentra os maiores valores de média aritmética e desvio padrão;
- ✓ O turno da manhã concentrou maior quantidade de eventos de chuva;
- ✓ A chuva considerada muito fraca é a predominante na localidade de Campina Grande (38,6%), enquanto que em Areia a chuva fraca foi a predominante (33,1%);
- ✓ Os eventos de chuva considerados Fortes e Muito Fortes se mostraram concentrados no período tarde/noite, com poucas ocorrências no restante do dia, enquanto que os eventos menos intensos se distribuíram mais durante o dia;
- ✓ Outono e inverno foram as estações do ano com maior quantidade de eventos de chuva, sendo o Inverno com maior destaque. A primavera foi a de menor ocorrência.
- ✓ Durante o verão a relação frequência de chuva X média de chuva (qualidade X quantidade) apresenta um caráter inverso durante o ciclo diário da chuva;
- ✓ As chuvas extremas (Muito Fortes) ocorreram majoritariamente no período da tarde noite no verão/outono/inverno;

- ✓ Na primavera não ocorreu nenhum evento de chuva extrema (Muito Forte) no ciclo diário para as duas localidades.

- ✓ Os maiores registros de chuva horária foram de 44,2 mm/h em Areia e 72,4 mm/h em Campina Grande, ambos no início da noite.

- ✓ As análises estatísticas de frequência, de medidas de tendência central (média), de dispersão (desvio padrão) e gráfica permitiram identificar não somente os turnos com ocorrência dos ciclos diários de chuvas, mas as tendências dos valores extremos nas escala espacial e temporal e a comparação entre si.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Floram: Nordeste Seco. **Revista de Estudos Avançados**, v. 4, n. 9, 1990, p. 149-74. _____ . Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Revista de Estudos Avançados**, v 13, n. 36, 1999, p.7-59.

ALMEIDA, H. A; AGUIAR, D. B; SILVA, J. N; DAMASCENO, J. Indicadores hídricos de desertificação da microrregião do Seridó Ocidental da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.7, n. 5, 2014.

ALMEIDA, H. A; CABRAL JUNIOR, J. B. Variabilidades sazonais e interdecadais da chuva nas microrregiões geográficas do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.7, n. 5, 2014.

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

ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada à Geografia**. UEPB, Campina Grande – PB, Publicação didática, 165p. 2012.

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

ALMEIDA, H. A; SOUZA, J. A.; ALCÂNTARA, H. M. Análise Comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n.1, p.58-66, abril/2008.

ALVES, R. R; GALVANI, E. Ocorrência horária e sazonal das precipitações no município de São Paulo, SP. **Revista Geonorte**, ed. esp. 2, v.2, n. 5, p.530–540, 2012.

ANDREOLI, R. V. (et al). **Tipos de observações e o controle de qualidade utilizado na assimilação de dados no CPTEC/INPE**. INPE ePrint: sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/09.03.17.29 , v1, 2007.

ARAÚJO, S. M. S. de. A região semiárida do Nordeste do Brasil: Questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica (FASETE)**: ano 5, n. 5, dez. 2011.

BARBOSA, T. F; CORREIA, M. F. Sistemas convectivos intensos no semi-árido brasileiro: O controle da grande escala. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20,n. 3, 395-410, 2005.

BASTOS, F. H; CORDEIRO, A, M, N. Fatores naturais na evolução das paisagens no Semiárido brasileiro: Uma abordagem geral. **Revista Geonorte**, ed. esp. v.2, n.4, 2012.

BRITTO, F. P; BARLETTA. R; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: influência do fenômeno El Niño oscilação sul. **Revista Brasileira de Climatologia**: v. 3, 2008.

CABRAL JUNIOR, J. B. **Principais características dos regimes pluvial e térmico de Campina Grande, PB**. 2012, p. 61. Monografia. (Graduação em Geografia Licenciatura Plena). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB.

CARVALHO, T. L. L. **Análise regional de frequências aplicadas à precipitação pluvial**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, out. 2007.

CITEAU, J; BERGÉS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G., 1988. The watch of ITCZ migrations over tropical Atlantic as an indicator in drought forecast over Sahelian area. *Ocean-Atmosphere Newsletter*, sv(45):1-3, 1988.

CONDE, F. C; DIAS M. A. F. S. Vórtices ciclônicos de ar superior: um estudo de caso através de balanço de vorticidade. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. A Meteorologia Brasileira além do Ano 2000, **Anais...** 2000.

CONTI, J. B. A questão climática no Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. **Revista Brasileira de Climatologia**: v. 1, n. 1, dez 2008.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento proágua subterrânea. Diagnóstico do município de Areia, estado da Paraíba /** (Orgs.) MASCARENHAS, J. C., BELTRÃO, B. A., JUNIOR, L.C.S., MORAIS, F., MENDES, V. A., MIRANDA, J. L. F., Recife: CPRM/PRODEEM 2005a, Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/AREI015.pdf> . Data do acesso: 22/11/2015.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento proágua subterrânea. Diagnóstico do município de Areia, estado da Paraíba /** (Orgs.) MASCARENHAS, J. C., BELTRÃO, B. A., JUNIOR, L.C.S., MORAIS, F., MENDES, V. A., MIRANDA, J. L. F., Recife: CPRM/PRODEEM 2005b, Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/CAMP050.pdf> Data do acesso: 22/11/2015.

FERNANDES, D. S. (et al.). **Índices para a quantificação da seca.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 48 p. Documentos/Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644; 244.

FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influencia dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia:** v. 1, n. 1, dez. 2005.

FERREIRA, D. B. S (et al.). Ciclo horário da precipitação no leste da Amazônia durante o período chuvoso. **Revista Brasileira de Climatologia:** ano 9, v. 13, jul/dez, 2013.

GEIGER, P .P. (et al). Introdução à análise de séries temporais. **Revista Brasileira de Geografia,** Rio de Janeiro, v.36, n.4, p.81-108, 1974.

HARSTENRATH, S; HELLER, L. Dinamic of climatic hazards in northeast Brazil. **Quart. J. R. Met. Soc:** n. 133, p. 77-92, 1977.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Data do acesso: 25/10/2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/>. Data do acesso: 31/03/2015.

JANOWIACK, J. E.; KOUSKY, V. E.; JOYCE, R. J. Diurnal cycle of precipitation determined from the CMORPH high spatial and temporal resolution global precipitation analyses, J. **Geophys. Res.**,v.110, 2005.

KÖPPEN, W. **Climatologia.** Buenos Aires, Fondo de Cultura. p. 152 – 192, 1948.

KOUSKY , V.E,: Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. **Mon. Weather Rev,** 108, 488-498, 1980.

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

LEITE, M. L.; ADACHESKI, P. A.; FILHO, J. S. V. Análise da frequência de intensidade das chuvas em Ponta Grossa, estado do Paraná, no período entre 1954 e 2001. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v. 33, n. 1, p. 57-64, 2011.

LOPES, M. N. G; NECHET, D. A influência da zona de convergência intertropical e de vórtices ciclônicos de altos níveis sobre a precipitação de Imperatriz - MA: estudo de caso. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia: Florianópolis. **Anais...**, 2006.

LOPO, A. B. (et al). Ciclo diário de precipitação sobre a cidade de Natal-RN. **Anais...** XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém – PA, 2010.

MAPES, B.E.; WARNER, T.; XU, M.; NEGRI, A.J. Diurnal patterns of rainfall in Northwestern South America. Part I: observations and context. **Monthly Weather Review**, v. 131, p. 799-812, 2003.

MENDES, D. **Análise estatística de uma série histórica de precipitação horária na cidade de São Paulo – SP (1970 – 2009)**. 2013. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MELO, A. B. C. (et al). A Zona de Convergência Intertropical sobre o oceano Atlântico: Climatologia. **Anais...** XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu - PR, 2002.

MOLION, L. C. B; BERNARDO, S. O. **Dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro**. Congresso Brasileiro de Meteorologia, p. 1334-1342, 2000.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulations model. **Journal of the Atmospheric Science**, 38(12):2653-2673, 1981.

NEGRI, A. J.; ADLER, R. F. A. TRMM- calibrated infrared rainfall algorithm applied over Brazil. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 107, p 8048-58, 2002.

NIMER, E. Climatologia da Região Nordeste do Brasil: Introdução a Climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 32, n.2, abr/jun, 1972.

NOBRE, P; MELO, A. B. C. Variabilidade climática intrasazonal sobre o NEB em 1998 - 2000. **Climanálise**, 2 ed., 2002.

NÓBREGA, R. S.; SOUZA, E. P.; GALVÍNCIO, J. D. Análise da Estimativa de Precipitação do TRMM em uma Sub-bacia da Amazônia Ocidental. **Revista de Geografia**, Recife, v. 25, n. 1, p. 6-20, 2008.

PEZZOPANE, J. E. M. (et al). Caracterização da chuva horária em três locais do estado de São Paulo: Um subsídio ao planejamento de operações agrícolas de campo. **Sci. Agric.**, Piracicaba: v. 52, n. 1, p. 70 – 77, jan/abr, 1995.

RAMÍREZ, M. C. V. **Padrões dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis no Nordeste do Brasil**. Dissertação (mestrado em Meteorologia), Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1996.

RAO, V. B.; BONATTI, J. P. On the Origin of Upper Tropospheric Cyclonic Vórtices in the South Atlantic Ocean and Adjoining Brazil During the Summer. **Meteorol. Atmos. Phys.**, 37, 11-16, 1987.

REBOITA, M. S. (et al). Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p.185 - 204, 2010.

SANTOS NETO, L. A. **Variabilidade da Precipitação Horária em Porto Velho – RO e suas tendências anuais e Sazonais**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em desenvolvimento regional e meio ambiente. Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2014.

SANTOS E SILVA, C. M. Ciclo diário e semidiário da precipitação na costa norte do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.1, 34 - 42, 2013.

SANTOS E SILVA, C. M. Ciclo diário de precipitação como função de eventos intensos no sudeste da Amazônia. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal: v. 7, n. 2, p. 284 -293, abr./jun. 2010.

SIKKA, D. R.; GADGIL, S. On the maximum cloud zone and the ITCZ over indian longitudes during the Southwest monsoon. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter* sv (31):4-5, 1985.

SILVA, J. N; AGUIAR, D. B; ALMEIDA, H. A. Avaliação preliminar dos índices de seca para Santa Luzia. Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro. **Anais...** Campina Grande, v.1, 2013.

SILVA, M. K A; ROSA, R. Aquisição de dados espaciais e acesso a novas tecnologias para estudos hidrometeorológicos. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.1278 – 1290, 2012.

SOUZA, E. B; ROCHA, E. J. P. Diurnal variation of rainfall in Bragança-PA (eastern Amazon) during rainy season: mean characteristics and extreme events. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, p. 142-152, 2006a.

SOUZA, E. B; ROCHA, E. J. P. On the diurnal variability of rainfall in eastern Amazonia along Atlantic coast during rainy season. VIII ICSHMO, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 1203 – 1207, abr. 2006b.

SUDENE, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/area-de-atuacao-da-sudene/regiao-nordeste/nordeste-em-numeros/caracterizacao-do-territorio-nordestino>. Data do acesso: 31/03/2015.

VARONE, F; FERREIRA, S; ALVES, R. Ciclo diário da chuva na região sul do Brasil utilizando dados de TRMM. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação: Recife. **Anais...** Recife, p. 001 - 006, 2012.

WARNER, T. T.; B. E. MAPES.; XU, M. Diurnal patterns of rainfall in northwestern South America. Part II: Model simulations. **Mon. Wea. Rev.**,131,813–829, 2003.

YANG, S.; SMITH, E. A. Mechanisms for Diurnal Variability of Global Tropical Rainfall Observed from TRMM, **Journal of Climate** , v. 19, n. 20, p. 5190-5226, 2006.