



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA**  
**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE RECURSOS**  
**HÍDRICOS, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

**TAÍS MARIA NUNES CARVALHO**

**ANÁLISE DO CICLO DIURNO DA PRECIPITAÇÃO EM**  
**FORTALEZA – CE COMO FERRAMENTA PARA EMISSÃO DE**  
**ALERTAS DE CHEIAS**

**REDENÇÃO**

**2018**

TAÍS MARIA NUNES CARVALHO

ANÁLISE DO CICLO DIURNO DA PRECIPITAÇÃO EM FORTALEZA – CE  
COMO FERRAMENTA PARA EMISSÃO DE ALERTAS DE CHEIAS

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídrico, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientador: Prof. Dr. Cleiton da Silva Silveira

REDENÇÃO

2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Carvalho, Taís Maria Nunes.

C321a

Análise do ciclo diurno da precipitação em Fortaleza-CE como ferramenta para emissão de alertas de cheias / Taís Maria Nunes Carvalho. - Redenção, 2018.  
21f: il.

Monografia - Curso de Gestão De Recursos Hídricos, Ambientais E Energéticos - 2016.2, Instituto De Engenharias E Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientador: Cleiton da Silva Silveira.

1. Chuvas - Fortaleza. 2. Chuva máxima diária. 3. Ciclo diurno da precipitação. I. Título

CE/UF/BSCL

CDD 551.57813

---

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA  
AFRO-BRASILEIRA

TAÍS MARIA NUNES CARVALHO

ANÁLISE DO CICLO DIURNO DA PRECIPITAÇÃO EM FORTALEZA – CE  
COMO FERRAMENTA PARA EMISSÃO DE ALERTAS DE CHEIAS

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: 11/05/2018

Nota: 9,7

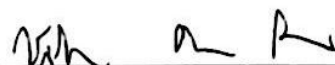
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Cleiton da Silva Silveira (Orientador)



Me. Renan Vieira Rocha



Me. Victor Costa Porto

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da região de estudo. ....	13
Figura 2 – Visão geral da metodologia. ....	14
Figura 3 – Localização das PCDs do Ceará. ....	15
Figura 4 – Ciclo diurno da precipitação em Fortaleza. ....	17
Figura 5 – Horário da precipitação máxima no Ceará. ....	18

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	9
<b>2.1 Eventos extremos de cheias em centro urbanos</b> .....	9
<b>2.2 Sistema de Alerta</b> .....	10
<b>2.3 Variabilidade Climática e sistemas atuantes NEB</b> .....	10
<b>2.4 Histórico de eventos extremos de cheias em Fortaleza</b> .....	11
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	13
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	17
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	19
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	20

# ANÁLISE DO CICLO DIURNO DA PRECIPITAÇÃO EM FORTALEZA - CE COMO FERRAMENTA PARA EMISSÃO DE ALERTAS DE CHEIAS

Taís Maria Nunes Carvalho<sup>1</sup>

Cleiton da Silva Silveira<sup>2</sup>

## RESUMO

O ciclo diurno da precipitação é uma ferramenta importante para a avaliação da variabilidade pluviométrica e da ocorrência de eventos extremos em uma região. O objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição das chuvas máximas diárias em Fortaleza e sua variabilidade espacial no estado do Ceará. Foi avaliada a distribuição temporal das chuvas máximas diárias em Fortaleza a partir de dados de precipitação diária obtidos entre os anos de 1970 e 1999. Além disso, foi realizada uma análise da distribuição espacial dos horários das precipitações máximas diárias no estado do Ceará a partir dos dados obtidos pelas Plataformas de Coleta de Dados distribuídas em seu território. O período no qual se concentram as precipitações máximas de Fortaleza se estende da madrugada até o início da manhã. A análise da variabilidade espacial dos horários de chuvas máximas no Ceará indicou que a região costeira possui maior concentração de chuvas no período da madrugada, enquanto no interior do estado as chuvas máximas se concentram no período da tarde. A região montanhosa localizada a noroeste do estado tem predomínio das chuvas vespertinas, e a região da Chapada do Araripe, ao sul do Ceará, se assemelha a região costeira, com chuvas concentradas na madrugada e início da manhã. A partir da identificação do período de maior concentração das chuvas intensas (madrugada e início da manhã em Fortaleza e na região costeira e sul do Ceará, e período da tarde no interior do estado) é possível elaborar um sistema de alerta de cheias para prevenção da população localizada em áreas de risco.

**Palavras-chave:** Chuvas – Fortaleza. Chuva máxima diária. Ciclo diurno da precipitação.

## ABSTRACT

The diurnal cycle of precipitation is an important tool to evaluate the rainfall variability and the occurrence of extreme events in a region. The objective of this research was to analyze the distribution of maximum daily rainfall in Fortaleza and its spatial variability in the state of Ceará. The temporal distribution of maximum daily rainfall in Fortaleza was evaluated from daily precipitation data obtained between 1970 and 1999. In addition, an analysis was performed of the spatial distribution of the maximum daily precipitation in the state of Ceará from the data obtained by the Data Collection Platforms distributed in its territory. The period in which the maximum precipitation of Fortaleza is concentrated extends from night until the early morning. The analysis of the spatial variability of the maximum rainfall in Ceará indicated that the coastal region has a higher concentration of rainfall in the dawn period, while in the interior of the state the maximum rainfall is concentrated in the afternoon. The mountainous region located in the northwest region of the state is dominated by afternoon rain, and the region of the Chapada do Araripe, south of Ceará, resembles the coastal region, with heavy rainfall during the night and early morning. The identification of the period of concentration of extreme rainfall (dawn and early morning in Fortaleza and in the coastal and southern region of Ceará, and in the afternoon in the interior of the state), a flood warning system can be developed to prevent population located in areas at risk.

**Keywords:** Rainfall – Fortaleza. Maximum daily rainfall. Daytime precipitation cycle.

---

<sup>1</sup> Estudante do Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e Universidade Aberta do Brasil, polo Redenção.

<sup>2</sup> Mestre em Ciências Físicas Aplicadas pela Universidade Estadual do Ceará e Doutor em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), pela Universidade Federal do Ceará.

# 1 INTRODUÇÃO

O estudo do ciclo diurno da precipitação é fundamental para o desenvolvimento de um sistema de alerta a cheias mais confiável e eficiente. A partir do conhecimento da variabilidade pluviométrica em pequenos intervalos de tempo, é possível identificar a ocorrência de eventos extremos e prever os riscos associados as chuvas intensas.

Os impactos de chuvas intensas são mais evidentes em grandes centros urbanos, onde o processo de crescimento populacional, frequentemente acompanhado de uma intensa urbanização, resulta na alteração do uso do solo e no aumento da área de superfícies pavimentadas. Isso ocasiona uma redução da permeabilidade e da infiltração do solo e um conseqüente aumento do escoamento superficial.

O tempo de concentração da bacia também é fortemente influenciado pelo seu nível de urbanização, variando inversamente com a taxa de impermeabilização do solo. Outro fator relevante é a cobertura vegetal, que é diretamente proporcional ao tempo de concentração, reduzindo a incidência de inundações. Outras características podem influenciar no cálculo do tempo de concentração, como a área e a forma da bacia, a declividade do talvegue do rio e o tipo de ocupação do solo.

Assim, em bacias urbanizadas e com cobertura vegetal escassa, são registrados maiores picos de vazão e eventos de inundação tornam-se recorrentes durante a quadra chuvosa, principalmente em regiões onde o sistema de drenagem urbana é falho.

Os efeitos desses eventos sobre a população podem ser catastróficos, principalmente para as pessoas que residem em áreas vulneráveis. Os danos decorrentes das inundações se estendem desde perdas materiais até danos à saúde pública e prejuízos econômicos. Assim, a estruturação de um sistema de alerta a cheias torna-se fundamental para a segurança hídrica, dada sua capacidade de prever o risco de ocorrência de catástrofes e de emitir alertas a população em situação de vulnerabilidade.

Nesse contexto, é necessário conhecer a variação temporal da precipitação, a fim de identificar o período de maior incidência de chuvas intensas. Essa variação irá influenciar consideravelmente o hidrograma da bacia, e conseqüentemente, o estudo de cheias.

O presente trabalho visa analisar o ciclo diurno da precipitação de Fortaleza e identificar os períodos de maior incidência de chuva, servindo como ferramenta para a previsão de

cheias e para a elaboração de um sistema de alerta. Além disso, busca verificar o horário de maior frequência de precipitação em diferentes regiões do Estado do Ceará.

Para isso, foram utilizados dados pluviográficos com período de observação de 30 anos, obtidos pela estação climatológica da Universidade Federal do Ceará. A partir dos dados de precipitação, é possível identificar os horários de maior frequência de eventos de chuva. O mesmo foi feito para o estado do Ceará, a partir de dados obtidos por plataformas automáticas de coleta de dados meteorológicos, monitoradas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Eventos extremos de cheias em centro urbanos

No estudo dos processos hidrológicos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, o ciclo diário da precipitação é uma informação de grande importância, sendo, juntamente com o ciclo semidiário (12 horas), um dos principais modos de variabilidade de precipitação nos trópicos (SILVA, 2013).

Inúmeros fatores influenciam a variabilidade da chuva na bacia, incluindo as alterações nos padrões de uso e ocupação do solo, as mudanças climáticas (em uma escala global) e a variabilidade climática regional (em uma escala local).

A expansão irregular sobre as áreas de mananciais de abastecimento humano, decorrente do processo de urbanização, tem comprometido a sustentabilidade hídrica das cidades (TUCCI, 2002). Na maior parte das grandes metrópoles brasileiras, o crescimento das áreas urbanizadas se processou de forma acelerada e somente em algumas a drenagem urbana foi considerada fator preponderante no planejamento da sua expansão (CANHOLI, 2014).

O desenvolvimento das cidades está diretamente relacionado ao aumento da área de superfícies pavimentadas, que causam a diminuição da permeabilidade e da infiltração do solo, provocando um aumento do escoamento superficial. Segundo Niemczynowicz (1999), a canalização de córregos naturais resulta em escoamento rápido com picos de vazão elevados. Essas mudanças no regime natural trazem efeitos significativos e muitas vezes desastrosos na bacia, incluindo o aumento na frequência de inundações.

É necessário esclarecer a diferença entre os conceitos de cheia e de inundação. A enchente é o fenômeno que ocorre quando a água escoar no leito do rio com vazão máxima em razão de fortes precipitações periódicas, mas sem extravasamento de seu leito de cheia. Quando há transbordamento de água do leito de cheia para as áreas marginais ao curso d'água, tem-se uma inundação (GOERL; KOBIYAMA, 2005).

As inundações em áreas urbanas podem ser consequência tanto do processo de urbanização quanto da ocupação irregular dos leitos dos rios (inundações ribeirinhas), comumente associado a ineficiência no planejamento do uso do solo (TUCCI, 2007).

## **2.2 Sistema de Alerta**

A implantação de medidas para o controle de inundações é de fundamental importância, estando distribuída entre medidas estruturais e não estruturais. Dentre as medidas não estruturais, a previsão de cheias e o desenvolvimento de um sistema de alerta se classificam como um importante instrumento em sistemas urbanos já implantados.

O sistema de alerta permite que a população seja informada da ocorrência de eventos extremos, possibilitando a minimização dos danos materiais e humanos. A ocorrência de desastres como inundações bruscas ocorre de forma extremamente rápida, principalmente em bacias hidrográficas pequenas e com cobertura muito impermeabilizada (caso da cidade de Fortaleza). Nessas áreas, é necessário o uso de previsão das precipitações e um sistema de monitoramento e de alerta em nível municipal (KOBAYAMA, 2006).

Conforme Vieira (2003), o desenvolvimento de sistemas de alerta no Nordeste brasileiro (NEB) é indispensável, visto que fenômenos extremos como secas e cheias são frequentes na região. As chuvas do semiárido nordestino apresentam enorme variabilidade espacial e temporal. Anos de secas e chuvas abundantes se alternam de formas erráticas, de forma que o gerenciamento dos recursos hídricos depende muito da variabilidade do clima, especialmente a distribuição de chuvas (MARENGO, 2010).

## **2.3 Variabilidade Climática e sistemas atuantes NEB**

Alguns dos mecanismos meteorológicos que atuam sobre o Nordeste e que governam o regime de chuvas na região, de acordo com Uvo e Berndtsson (1996) são o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), a temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico e a ocorrência de frentes frias e de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN).

A cidade de Fortaleza, localizada na porção litorânea do estado do Ceará, recebe maior atuação de sistemas atmosféricos como Linhas de Instabilidade (que ocorrem paralelas à costa), Sistemas de Brisa (ocorrem em áreas litorâneas), Distúrbios Ondulatórios de Leste (mais frequentes no litoral) e ZCIT devido a sua localização geográfica (MONTEIRO; ZANELLA, 2017).

Estudos realizados por Teixeira (2008) revelaram a influência das brisas marítimas sobre a incidência de chuvas em Fortaleza. A partir da análise da variação horária da precipitação na cidade, o autor confirmou que o período no qual se tem maior registro de precipitação é o noturno, se estendendo até o início da manhã. As elevadas precipitações nesse período se devem a passagem da porção ocidental da frente de brisa terrestre pela cidade, que converge com os ventos alísios de sudeste e com sistemas meteorológicos de grande escala. Por outro lado, a brisa marinha favorece a ocorrência de chuva no interior do continente, justificando a menor frequência das chuvas no período da tarde.

O ciclo diurno de precipitação da região litorânea do Nordeste do Brasil já havia sido estudado por Kousky (1980), que constatou que a maior parte da precipitação registrada nessa área ocorre entre 21 e 9 horas, com exceção das regiões de fronteira com o Rio Grande do Norte e com o Piauí. O estudo se refere ao período de 1961 a 1970.

Pessoa e Campos (2015) validaram os resultados obtidos por Kousky (1980) e utilizaram formulações matemáticas para se obter o ciclo diário da precipitação, de forma que foi possível determinar a hora de ocorrência do máximo (5h05m) e do mínimo (17h05m). O modelo utilizado foi o senoidal II. O estudo apontou ainda uma forte correlação entre a duração do dia de insolação e o intervalo de tempo entre o pico de máxima e de mínima pluviosidade.

## **2.4 Histórico de eventos extremos de cheias em Fortaleza**

Zanella (2009) destaca que a cidade de Fortaleza, durante o período chuvoso, é frequentemente submetida a impactos decorrentes de eventos de chuvas concentradas, sendo as áreas de risco localizadas nas proximidades de rios e lagoas as mais atingidas.

Os eventos de inundações que já atingiram a capital cearense foram analisados por diversos autores. Zanella (2009) fez uma análise das precipitações diárias intensas em Fortaleza, Maranguape e Pacatuba, a partir da qual identificou a ocorrência de totais pluviométricos diários iguais ou superiores a 60 mm. Nesse estudo foi verificado que em Fortaleza, apenas 3 dos 33 anos observados (1974 – 2006) não registraram nenhum dos episódios considerados como possíveis causadores de impactos pluviais. Na década de 1980 ocorreram 38 registros em Fortaleza, 24 em Maranguape e 22 em Pacatuba. Já na década de 1990, os eventos atingiram um número de 20 em Fortaleza, 16 em Maranguape e finalmente 26 em Pacatuba.

Almeida e Carvalho (2010) analisaram o episódio de 29 de janeiro de 2004, um dos maiores eventos pluviométricos já registrados em Fortaleza. Nesse dia houve registro de 250 mm de chuva medidos no período de registro meteorológico padrão de 24 horas (das 7 às 7 horas), o maior registro de precipitação para o mês de janeiro desde 1910. A situação ainda foi agravada pela ocorrência de precipitações intensas nos dias que antecederam o evento: das 7 horas do dia 26 até às 16 horas do dia 27 de janeiro havia chovido 142.2 mm.

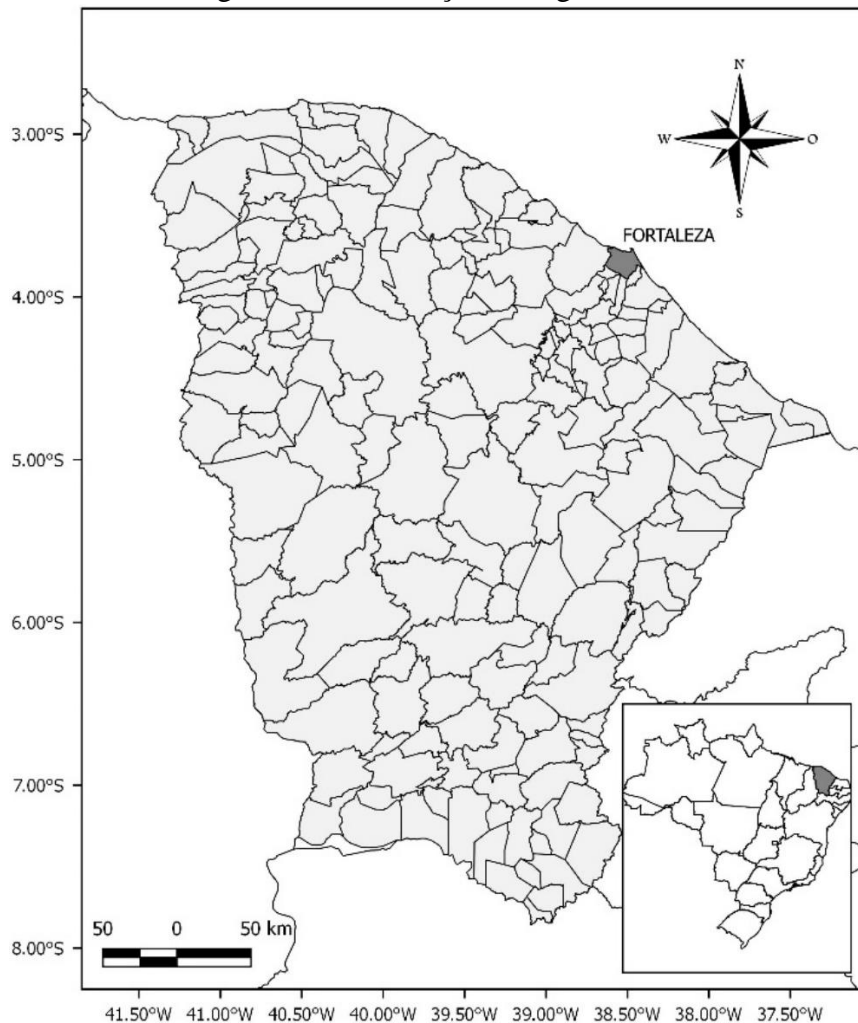
De acordo com dados da Defesa Civil de Fortaleza, 25 bairros foram atingidos, totalizando 19.173 pessoas (2.577 famílias) afetadas pelo episódio. Além do impedimento do tráfego em pelo menos 18 avenidas da cidade, da intensificação dos problemas de drenagem urbana e dos prejuízos econômicos, os casos de pacientes com doenças de veiculação hídrica dobraram.

Olímpio et al. (2013) avaliou o episódio extremo do dia 27 de março de 2012 e suas consequências para a cidade de Fortaleza. As chuvas ocorridas durante esse dia (196.5 mm em 24 horas) provocaram danos e prejuízos significativos para a população, especialmente para a bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, de acordo com registros de ocorrências da Defesa Civil Municipal de Fortaleza. Essa região é predominantemente habitada por uma população socialmente mais vulnerável, de forma que os principais impactos foram as inundações e os alagamentos das moradias e das vias de circulação, além de danos estruturais ao patrimônio público e privado.

### 3 METODOLOGIA

Esse estudo tem caráter exploratório e abordagem qualitativa. A região de estudo foi o Estado do Ceará e a sua capital, o município de Fortaleza, representados no mapa da Figura 1.

Figura 1 – Localização da região de estudo.



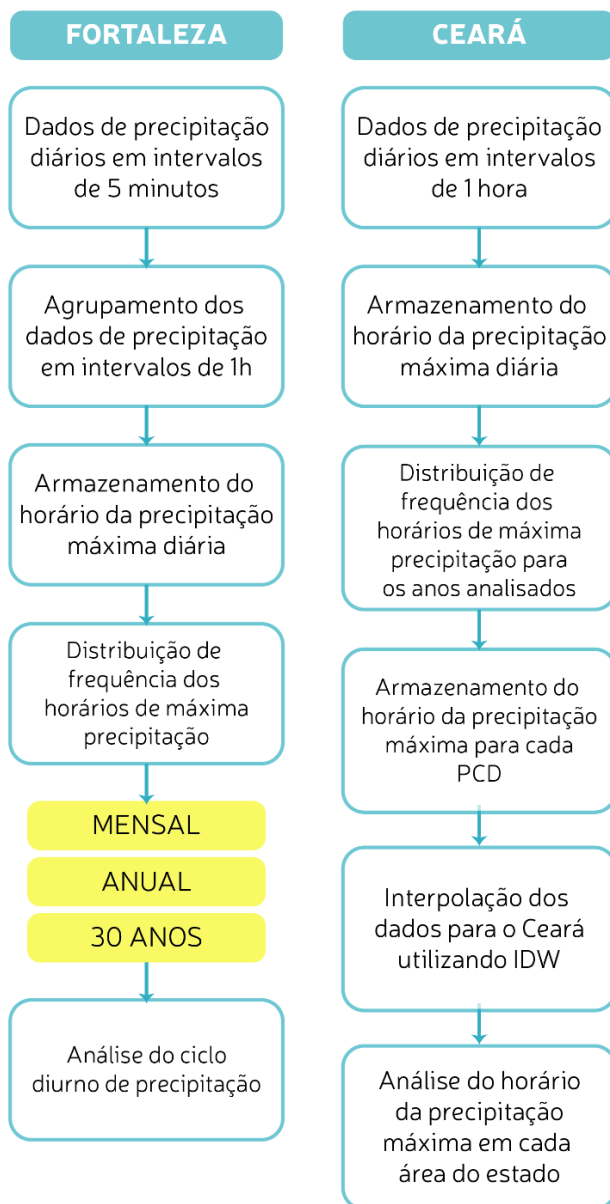
Fonte: Elaborada pela autora.

Para a análise do ciclo diurno de Fortaleza, foram utilizados dados registrados pelo pluviógrafo da estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. A série de dados se estende de 1970 a 1999, totalizando 30 anos de registros com intervalo de 5 em 5 minutos, com início às 09h00min e término às 09h00min do dia seguinte.

A partir dos dados diários de precipitação, que estavam agrupados em intervalos de 5 minutos, foi feita uma agregação dos dados em intervalos de 1 hora. Em seguida, foi extraído o

horário da precipitação máxima diária (horária) para todos os meses da série. Chuvas inferiores a 1 mm foram desconsideradas. A partir disso, foi possível fazer uma distribuição de frequência mensal dos horários em que se registrou precipitação máxima, que foi, em seguida, acumulada para todos os anos da série, sendo gerado o ciclo diurno de precipitação considerando os 30 anos de dados. A Figura 2 apresenta brevemente a metodologia utilizada para cada área de estudo.

Figura 2 – Visão geral da metodologia.



Fonte: Elaborada pela autora.

Os dados de precipitação do Estado do Ceará foram extraídos das Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), monitoradas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos e são correspondentes ao período entre 2002 e 2010. O mapa da Figura 3 dispõe a localização das PCDs utilizadas.

Figura 3 – Localização das PCDs do Ceará.



Fonte: Elaborada pela autora.

A partir dos dados de precipitação do Ceará, que estavam agrupados em intervalos de 1 hora, foi obtido o horário correspondente a precipitação máxima diária. Após a obtenção da distribuição de frequência mensal dos horários em que se registrou precipitação máxima, foi feita a distribuição anual, e em seguida, a distribuição de frequência para 30 anos de dados. Em seguida, foi extraído o horário de maior frequência para cada PCD e os valores foram interpolados para todo o estado do Ceará, para que fosse verificada a distribuição espacial das chuvas máximas.

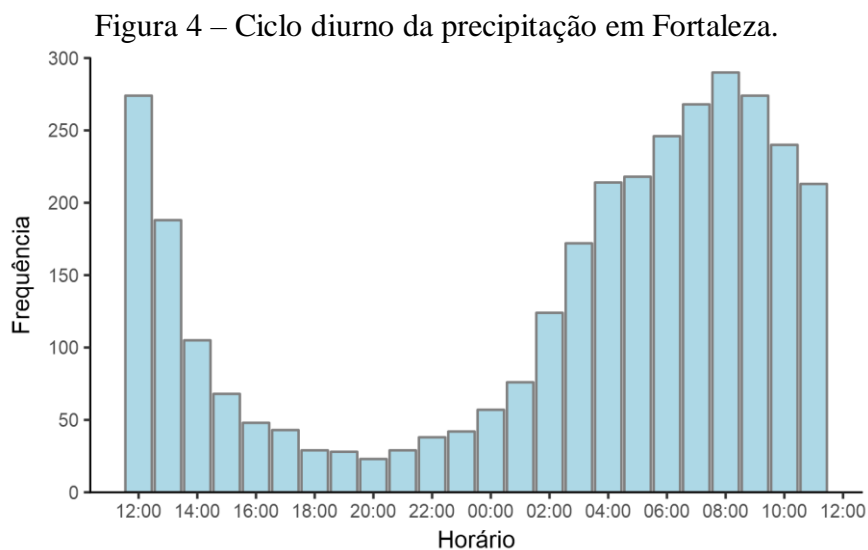
O método de interpolação utilizado foi o Inverse Distance Weighting (IDW), proposto por Shepard (1968) que pressupõe que a distância de um local observado do estimado é inversamente proporcional ao seu peso, ou seja, tem uma menor influência sobre o valor interpolado. A expressão para determinar o peso é dada por:

$$w(x) = \frac{1}{d(x, x_i)^p}$$

Onde  $d(x, x_i)$  é a distância entre a coordenada interpolada ( $x$ ) e cada um dos locais observados ( $x_i$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise dos dados de precipitação diária do posto pluviométrico da Universidade Federal do Ceará, foi obtida a distribuição de frequência dos horários das chuvas máximas diárias de Fortaleza, correspondente ao ciclo diurno da precipitação para a cidade, representado na Figura 4.



Fonte: Elaborada pela autora.

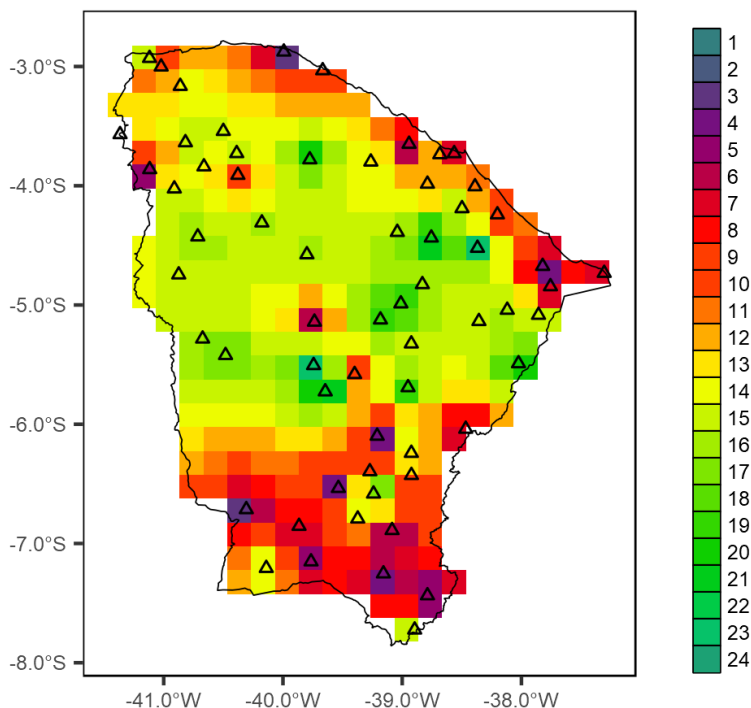
Pode ser observado que as chuvas se concentram no período da madrugada, se estendendo até o início da manhã. Os resultados corroboram o que foi observado por Kousky (1980) e Teixeira (2008). O intervalo de ocorrência das precipitações máximas se estende de 2h00min até 11h00min e o horário de precipitação máxima ocorre as 8 da manhã.

A predominância das chuvas nesse período se deve, em grande parte, a convergência da brisa terrestre (durante a noite, o Oceano está mais aquecido, formando uma região de baixa pressão térmica, de forma que o ar sopra da terra para o mar) com o fluxo de ar vindo do Oceano Atlântico.

Também foi feita a análise dos dados de precipitação diária das Plataformas de Coleta de Dados distribuídas pelo estado do Ceará, a partir dos quais foi extraído o horário de precipitação máxima para cada PCD. O resultado da interpolação espacial dos dados de precipitação máxima horária pode ser visualizado no mapa da Figura 5.

A partir do mapa, é possível notar que no interior do Ceará, a precipitação ocorre predominantemente durante o período da tarde, enquanto na região litorânea e no sul do estado, a precipitação se concentra durante a madrugada e o início da manhã.

Figura 5 – Horário da precipitação máxima no Ceará.



Fonte: Elaborada pela autora.

É possível relacionar a distribuição dos períodos de precipitação máxima com a hipsometria do estado. Na região da Serra de Ibiapaba, localizada a noroeste do Ceará, na fronteira com o Piauí, foi observado o predomínio das chuvas vespertinas. O mesmo foi observado para a Serra de Baturité.

Ao sul do estado, encontra-se a Chapada do Araripe, cuja região de barlavento está localizada no Ceará, enquanto a região de sotavento está no estado de Pernambuco. Diferente do que acontece na Serra de Ibiapaba, na Chapada do Araripe, ao sul do estado, as chuvas são predominantes no período da madrugada e início da manhã.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi avaliada a distribuição temporal das chuvas máximas em Fortaleza, de modo que foi obtido o ciclo diurno das precipitações da cidade. Também foi realizada uma análise da distribuição dos horários das precipitações máximas diárias no território do Ceará, sendo possível avaliar a distribuição espacial das chuvas, estabelecendo uma relação com os sistemas climáticos atuantes no estado.

Foi observado que o período no qual predominam as precipitações na cidade de Fortaleza é o da madrugada e do início da manhã. Com relação a variabilidade espacial dos horários de chuvas máximas no Ceará, a região costeira possui maior concentração de chuvas no período da madrugada, e o interior do estado, no período da tarde.

Além disso, foi identificado que o período de concentração das chuvas intensas na região da Serra da Ibiapaba é semelhante ao interior do Ceará, ou seja, estão distribuídas no período vespertino. Na região da Chapada do Araripe, ao sul do estado, o comportamento é semelhante a região costeira – as chuvas máximas se acumulam no período da madrugada e início da manhã.

É possível elaborar um sistema de alerta de cheias capaz de prevenir a população e os tomadores de decisão a respeito de eventos de chuvas intensas. Estudos posteriores podem utilizar o ciclo diurno das precipitações para realizar a previsão de vazões e a possível ocorrência de eventos de inundação. Além disso, pode ser feita uma correlação entre os horários de precipitação máxima e ocorrências registradas pela Defesa Civil do estado.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de. Riscos naturais e sítio urbano - Inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.I.], v. 11, n. 2, p. 35-49, 2010. *Revista Brasileira de Geomorfologia*.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

GOERL, R.F.; KOBİYAMA, M. Considerações sobre as Inundações no Brasil. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre, ABRH, 2005.

KOBİYAMA, Masato et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

KOUSKY, Vernon E. Diurnal rainfall variation in the Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 108, n. 4, p. 488-498, 1980.

SILVA, Cláudio Moisés Santos. Ciclo diário e semidiário de precipitação na costa norte do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 1, p. 34-42, 2013.

MARENGO, Jose A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.

MONTEIRO, Jander Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. **Geotextos**, [S.I.], v. 13, n. 2, p.135-159, 23 dez. 2017. Universidade Federal da Bahia.

NIEMCZYNOWICZ, Janusz. Urban hydrology and water management – present and future challenges. **Urban Water**, [S.I.], v. 1, n. 1, p. 1-14, 1999. Elsevier BV.

OLÍMPIO, João Luís Sampaio et al. Episódios pluviais extremos e a vulnerabilidade socioambiental do município de Fortaleza: O episódio do dia 27/03/2012. **Geo UERJ**, [S.I.], v. 1, n. 24, p. 181-206, 2013. Universidade de Estado do Rio de Janeiro.

PESSOA, Francisco Edson Pinheiro; CAMPOS, José Nilson B.. Ciclo diário de precipitações pluviais em intervalos de cinco minutos no município de Fortaleza. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 195-204, 2015. FapUNIFESP (SciELO).

SHEPARD, D. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In: **ACM. Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference**. [S.I.], 1968. p. 517–524.

TEIXEIRA, Raul Fritz Bechtel. O fenômeno da brisa e sua relação com a chuva sobre Fortaleza/CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.23, n.3, p. 282-291, 2008.

TUCCI, Carlos E. M.. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.I.], v. 7, n. 1, p. 5-27, 2002. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

UVO, Cíntia; BERNDTSSON, Ronny. Regionalization and spatial properties of Ceará State rainfall in northeast Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, [S.I.], v. 101, n. 2, p. 4221-4233, 1996. American Geophysical Union (AGU).

VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semi-árido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 7-17, 2003.

ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L.; ABREU, N. J. A. Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza - CE. In: **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 25, p. 53-68, 2009.