

## **ANÁLISE CLIMATOLÓGICA E DOS EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NO MUNICÍPIO DO IPOJUCA, PERNAMBUCO**

*Cristiana Coutinho Duarte<sup>1</sup>, Ranyére Silva Nóbrega<sup>2</sup>, Roberto Quental Coutinho<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. E-mail: [crisdat@gmail.com](mailto:crisdat@gmail.com).*

<sup>2</sup> *Professor Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE*

<sup>3</sup> *Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da UFPE*

*Artigo recebido em 09/07/2015 e aceito em 22/11/2015*

### **RESUMO**

Em todo o Mundo tem se notado o aumento da ocorrência de desastres naturais que podem estar relacionados a diversos fatores, como por exemplo, ao aumento populacional e ao aumento dos eventos extremos. Diante deste contexto procurou-se no presente trabalho identificar os eventos extremos de chuva no município do Ipojuca, litoral Sul de Pernambuco e exemplos de impactos provocados por estes. Aplicou-se, portanto, a técnica dos Quantis para a identificação dos extremos de chuva anuais, mensais e diários e os resultados desta aplicação foram comparados com os eventos de Alterações na Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico (ATSM) como os fenômenos de El Niño/Oscilação Sul (ENOS) e do Oceano Atlântico tropical (AT). Para os anos identificados como extremos foram compiladas ocorrência cadastradas no banco de dados S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sedec). Com base nos resultados verificou-se uma predominância de anos secos entre as décadas de 1940 e 1960 que pode ter sido influenciada pela ocorrência de fenômenos de El Niño, agravados pela ocorrência de uma fase positiva do Dipolo do Atlântico, diminuindo as chuvas na porção leste do Nordeste do Brasil. De 1962 a 1975, houve maior ocorrência de anos chuvosos a extremamente chuvosos, que coincide com a ocorrência de eventos de La Niña forte e fracos, intensificados pela fase negativa do Dipolo do Atlântico, o que leva ao aumento das chuvas na porção leste do Nordeste. Em anos de conjunção dos eventos de El Niño e da fase negativa do Dipolo do Atlântico, as chuvas mostraram-se mais concentradas, e se verificaram eventos extremos pelo fato de as águas do Oceano Atlântico Tropical Sul encontrarem-se mais aquecidas, intensificando os sistemas meteorológicos atuantes, principalmente no período chuvoso.

**Palavras chave:** desastres naturais; chuvas intensas; variabilidade climática.

### **CLIMATOLOGICAL AND RAIN EXTREME EVENTS ANALYSIS IN THE MUNICIPALITY OF IPOJUCA, PERNAMBUCO**

#### **ABSTRACT**

Around the world has noticed the increase of natural disasters occurrence that can be related to several factors, such as the population growth and extreme events increase. Therefore, this study aimed to identify the extreme rainfall events in the municipality of Ipojuca, south coast of Pernambuco and impacts caused by them. So, the technique of Quantis was applied for the identification of annual, monthly and daily extreme rainfall events and the results of this application were compared with the changes of events in the Sea Surface Temperature in the Pacific as El Niño / Southern Oscillation (ENSO) and the Tropical Atlantic (TA). For years identified as extreme were researched occurrence registered in the database S2ID of the National Protection and Civil Defense Secretariat. Based on the results there was a predominance of dry years between the 1940s and 1960s that may have been influenced by the occurrence of the El Niño, aggravated by the occurrence of a positive phase of the Atlantic Dipole, decreasing rainfall in the eastern portion Northeast of Brazil. From 1962 to 1975 there was a higher occurrence of wet years and extremely wet, which coincides with the occurrence of La Niña strong and weak events, intensified by the negative phase of the Atlantic Dipole, which leads to increased rainfall in the eastern portion of the Northeast. In years conjunction of El Niño and negative phase of the Atlantic Dipole, rains were

more concentrated, and there have been extreme events because the waters of Tropical South Atlantic Ocean meet warmer, increasing the active weather systems, especially in the rainy season

**Keywords:** natural disasters, intense rains, climate variability.

## INTRODUÇÃO

O aumento da ocorrência de desastres naturais em todo mundo tem sido normalmente associado a diversos fatores como o aumento populacional, a segregação socioespacial, levando a ocupação de populações de baixa renda em áreas de risco e, principalmente, ao aumento de eventos extremos, frequentemente associados pelos cientistas ao aquecimento global. Nesse sentido, eventos de temporais, de chuvas intensas, de tornados ou de estiagens severas, podem tornar-se mais frequentes quando a atmosfera encontra-se mais aquecida, aumentando a possibilidade de incidência de desastres.

A dinâmica atmosférica segue um ritmo composto por eventos usuais e eventos extremos (anômalos ou excepcionais). Os eventos usuais são facilmente absorvidos pela sociedade, pois ocorrem com maior frequência e não se afastam significativamente das normais climatológicas (Gonçalves, 2013). Já os eventos extremos de chuva, por exemplo, são aqueles em que os totais em certo período – seja anual, sazonal, diário, seja outro – apresentam desvios de chuva superiores ou inferiores ao comportamento habitual da área no período analisado. Sarewitz e Pielke Jr. (2000) define-os como uma ocorrência que apresenta uma incidência rara, distanciando-se da média, variando em sua magnitude.

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2012), traz algumas ressalvas sobre os eventos climáticos extremos. Alguns eventos climáticos e hidrológicos extremos, por exemplo, secas e inundações, podem ser o resultado de uma acumulação de eventos meteorológicos ou climáticos que, individualmente, não seriam considerados como extremos, entretanto, o acumulado pode ser. Assim como, eventos meteorológicos ou climáticos, mesmo não sendo estatisticamente extremos, podem levar a condições ou a impactos extremos, quer seja por atravessar um limiar social, ecológico ou físico crítico, quer pela ocorrência simultânea de dois eventos. Por outro lado, nem todos os extremos conduzem necessariamente a um impacto grave, haja vista o local onde ocorreu o fenômeno, por exemplo, em um ambiente natural onde não há ocupação.

Os eventos extremos de chuva são os principais deflagradores de movimentos de massa e inundações bruscas no Brasil e, conseqüentemente na Região Metropolitana do Recife. Estudar a climatologia dos eventos extremos, sua frequência e impactos provocados por estes em determinadas localidades consideradas como áreas de risco a processos do meio físico, é uma atividade muito importante para a prevenção e mitigação de desastres. Diante desse

contexto, a presente pesquisa fez parte do projeto “Elaboração de carta geotécnica de aptidão à urbanização frente a desastres naturais do município do Ipojuca, PE” uma parceria entre o Governo Federal, representado pelo Ministério das Cidades e o Grupo de Engenharia de Encostas, Planícies e Desastres (Gegep) da Universidade Federal de Pernambuco (Coutinho, 2014).

A identificação de eventos extremos de chuva vem sendo bastante trabalhada ao longo dos últimos anos, utilizando-se diferentes técnicas estatísticas. Pode-se destacar os trabalhos desenvolvidos por Xavier (2002), Souza (2011) e Farias, Alves e Nóbrega (2012) que utilizaram as técnicas dos Quantis para análise dos extremos e os que aplicaram outras técnicas estatísticas e analisaram os impactos provocados pelos extremos de chuva como os trabalhos realizados por Vicente (2005), Batista e Rodrigues (2010), Brito e Silva (2012), Souza, Azevedo e Araújo (2012) e Golçalves (2013).

A ocorrência de um evento extremo pode estar relacionado às alterações na temperatura da superfície do mar, uma vez que a interação oceano-atmosfera no Pacífico Equatorial e no Atlântico Tropical são fatores que podem modificar as configurações da circulação geral da atmosfera e influenciam, substancialmente, na variabilidade interanual da distribuição das chuvas no NEB tanto na escala espacial como temporal (Molion;Bernardo, 2002; Hastenrath; Heller, 1977; Moura, et al., 2000; Silva, et al., 2011; Nóbrega; Santiago, 2014).

A maioria dos estudos realizados sobre a variabilidade interanual da chuva no NEB focaliza um maior entendimento do papel que o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) exerce em tais anomalias. O ENOS foi reconhecido como um fenômeno interanual que envolve interações oceânicas e atmosféricas associadas à circulação de Walker no Pacífico (Philander, 1990; Neelin, 1998). A componente atmosférica do ENOS caracteriza-se por uma diferença de anomalias de Pressão do Nível do Mar (PNM) entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico Oeste (Darwin/Austrália). Já a componente oceânica, representa-se pelo evento El Niño/La Niña, caracterizados pelo aquecimento/resfriamento anormal das águas do Oceano Pacífico equatorial, central e leste (Rasmusson; Carpenter, 1982).

A diferença entre os desvios ( $\Delta p$ ) em relação à média, das pressões registradas ao nível do mar em Taiti e Darwin caracteriza-se pelo Índice de Oscilação Sul (IOS). Valores positivos (negativos) do IOS indicam as fases positivas (negativas) do ENOS com a ocorrência de La Niña (El Niño) com redução/aumento de precipitação no Pacífico tropical central e aumento/redução da precipitação no Pacífico oeste.

Diversos estudos demonstraram que as secas severas/chuvas excessivas no NEB, tem sido relacionados com a ocorrência de El Niño/La Niña, entretanto, Kane (1997) identificou que dos 46 El Niño (fortes e moderados) do período de 1949-1992, somente 21 (45%) estiveram associados a secas severas em Fortaleza (Adreoli; Kayano, 2007).

Adreoli e Kayano (2007) estudaram a influência que as temperaturas dos Oceanos Atlântico Tropical e o Pacífico exercem sobre o Nordeste do Brasil. Perceberam que independentemente dos sinais do ENOS, o Atlântico Tropical (AT) é mais atuante na variabilidade da precipitação nessa região.

Moura et al. (2009) ao correlacionar as precipitação do período chuvoso do setor Leste do Nordeste (Eneb) com as alterações da temperatura da superfície do mar (ATSM) dos Oceanos Atlântico e Pacífico, identificaram que o Oceano Atlântico tem maior influência sobre o regime pluviométrico do leste do NEB, indicando que anomalias positivas neste cooperam em precipitações acima da média, e ATSM negativas inibem a precipitação na região estudada.

Hastenrath e Heller (1977) e Hastenrath (1978) mostraram que em anos de seca, as ATSMs no AT apresentam um padrão com valores positivos (oceano mais aquecido e alta nebulosidade) ao norte e negativos (oceano menos aquecido e baixa nebulosidade) ao sul. Para anos mais chuvosos que o normal, esse padrão tem sinais invertidos. Esses autores sugerem a existência de uma conexão inversa entre a precipitação sobre o NEB e a Guiana, atribuída ao deslocamento meridional da ZCIT, que em anos de sinal positivo no AT Sul, os ventos alísios influenciam na manutenção desta mais ao sul de sua posição climatológica.

Avaliando tal fato, Souza (1997) relacionou essas mesmas ATSMs no AT ao Padrão do Dipolo do Oceano Atlântico Tropical, o qual se configura como fase positiva e negativa. A fase positiva do Dipolo relaciona-se com o padrão de TSM com sinal positivo ao norte e negativo ao sul do AT. A fase negativa do Dipolo, por sua vez, relaciona-se com o padrão de ATSMs de sinal negativo ao norte e positivo ao sul do Equador sobre o AT.

Diante deste contexto procurou-se no presente trabalho identificar os eventos extremos de chuva no município do Ipojuca, litoral Sul de Pernambuco e exemplos de impactos provocados por estes. Aplicou-se, portanto, a técnica dos Quantis para a identificação dos extremos de chuva anuais, mensais e diários e os resultados desta aplicação foram comparados com os eventos de Alterações na Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico (ATSM) como os fenômenos de El Niño/Oscilação Sul (ENOS) e do Oceano Atlântico tropical (AT).

## ÁREA DE ESTUDO

O município do Ipojuca localiza-se na região metropolitana do Recife (RMR), mais precisamente na microrregião de Suape, distante 60 km da capital, Recife. Ocupa uma área de 532,25 km<sup>2</sup>. É formado por três distritos, o Distrito Sede, o Distrito de Nossa Senhora do Ó e o Distrito de Camela e pelos povoados das praias de Porto de Galinhas, Muro Alto, Cupe, Maracaípe, Serrambi, Toquinho e seus engenhos (Figura 1). Além desses distritos, considerados como centros urbanos, existem Zonas Especiais de Interesse Social (Zeis), como Rurópolis e Bela Vista, próximos ao Distrito de Ipojuca Sede e as pertencentes a este distrito, como os bairros de Antônio Dourado Neto e São Miguel.

**Figura 1:** Mapa de Localização do município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil



Fonte: Coutinho (2014)

Em 2010, a população do município do Ipojuca foi de 80.637 habitantes, segundo o censo do IBGE, com uma densidade demográfica de 151,39 hab/km<sup>2</sup>, dividida em 59.719 habitantes ocupando as áreas urbanas e 20.918 nas áreas rurais, com uma taxa de urbanização

de 74,06%. Apresenta, portanto, a maior população rural dentre os municípios da RMR (Coutinho, 2014).

Devido ao uso predominante destinado ao cultivo de cana-de-açúcar, a população do Ipojuca concentra-se em pequenas porções deste, mais precisamente nos referidos distritos e Zeis. Esta última zona possui em toda a sua formação características de ocupação espontânea e irregular em áreas de morros e margens de rios. Assim, muito dos moradores do município do Ipojuca encontram-se em extrema pobreza (13,2%), sofrem com a falta de infraestrutura e vivem em moradias com situação precária e situada em áreas de risco a movimentos de massa e inundação.

### **FATORES CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DO IPOJUCA**

O município do Ipojuca, de acordo com Kayano e Andreoli (2009), inclui-se na região de clima litorâneo úmido (que se estende do litoral da Bahia ao do Rio Grande do Norte), com chuvas ocorrendo em torno de 50% de maio a julho (Strang, 1972).

A localização latitudinal do município, mais precisamente na zona intertropical, na faixa de maior incidência solar do planeta, confere-lhe temperaturas estáveis ao longo do ano com amplitude térmica anual de, no máximo, 5°C, ou seja, as temperaturas são praticamente constantes entre o verão e o inverno (Girão et al., 2013). A temperatura média anual é de 26°C; com temperaturas mínimas e máximas, podem chegar a 18°C e 32°C respectivamente.

A porção Leste do Nordeste do Brasil (ENEB) sofre influência dos mecanismos de grande escala, meso e de microescala que completam os totais precipitados (Molion; Bernardo, 2002). São considerados mecanismos de grande escala: os Sistemas Frontais (SF) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). De mesoescala: as Perturbações Ondulatórias no Campo dos Ventos dos Alísios (POA) – também conhecidos como Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) –, Complexos Convectivos e Brisas Marítimas e Terrestres. Já os de microescala, relacionam-se com as circulações orográficas e pequenas células convectivas.

Assim, o principal sistema atuante no ENEB, conseqüentemente, no município do Ipojuca, são os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) ou Ondas de Leste (OL) que atuam principalmente nos meses de abril a agosto. São sistemas de escala sinótica, que ocorrem na baixa troposfera tropical, e quando se formam na região do Oceano Atlântico Sul apresentam deslocamentos para oeste intensificando-se à medida que se aproximam da costa leste da região Nordeste do Brasil (Chou, 1990; Silva, 2010). Esses sistemas oscilam com periodicidade variando entre três e nove dias, e velocidade de propagação entre 10 a 15 m/s (Mekonnen; Troncroft; Aiyyer, 2006; Alves; Marques; Oyama, 2008; Machado et al., 2012). Podem sofrer

influência na sua intensidade devido às alterações das temperaturas da superfície do mar (TSM), ao cisalhamento meridional do vento, e da circulação troposférica do Atlântico Tropical (Aragão, 2004). Mesmo sendo de pequena amplitude, os DOL podem trazer chuvas intensas e inundações.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O desenvolvimento desta pesquisa foi realizado por meio das seguintes etapas: a) Levantamento dos dados de precipitação pluvial; b) Aplicação das técnicas estatísticas na análise climatológica e dos eventos extremos; c) Análise dos dados anuais, mensais e diários; e d) identificação dos principais eventos extremos de chuva que geraram impactos no município do Ipojuca.

### **Levantamento dos dados de precipitação pluvial**

A fim de realizar uma análise do comportamento pluviométrico do município do Ipojuca em escala anual, mensal e diária, com o intuito de fugir das médias e padrões que acabam mascarando os eventos extremos de precipitação e os principais problemas acarretados por estes, identificaram-se e compilaram-se os pluviômetros que estão localizados no território desse município.

A coleta de dados pluviométricos no município foi possível devido a existência de duas usinas de cana-de-açúcar, as Usinas Salgado e Ipojuca, que gentilmente cederam seus dados anuais e mensais de precipitação. Coletaram-se também dados dos pluviômetros de Ipojuca no site da Apac (<<http://www.apac.pe.gov.br/sighpe/>>.) por meio do Sistema de Geoinformação Hidrometeorológico de Pernambuco. Os dados dos pluviômetros de Ipojuca (Porto de Galinhas) e Ipojuca Sede com dados anteriores a 2007 foram cedidos pela Unidade de Monitoramento da Rede Hidrometeorológica (UMR-Hidromet) e Unidade de Geoinformação (Ugeo) do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (Itep).

### **Técnica dos Quantis**

A técnica dos quantis é um método bastante simples e eficiente. A vantagem dessa técnica em relação ao uso da normalização pela média e desvio padrão é que o primeiro é imune a uma eventual “assimetria” na função densidade de probabilidades que descreve o fenômeno aleatório, que, no caso do presente trabalho, é a chuva (Xavier, 2002). Sendo essa uma variável aleatória, significa que não poderá ser prevista com exatidão determinística. Em outras palavras, pode-se atribuir uma probabilidade para que a altura  $X$  fique compreendida entre dois limites numéricos quaisquer, arbitrariamente escolhidos.

Por definição, o  $Q_p$  é um limite do intervalo do quantil para uma determinada variável aleatória  $X$ , sendo  $p$  a probabilidade de ocorrência, tal que  $X$  seja menor que  $Q_p$ . Assim, a escolha do intervalo associado a um quantil deve satisfazer a seguinte relação (Xavier 2002):

$$\text{Prob}(X \leq Q_p) = p$$

Aplicou-se a técnica dos quantis para as três escalas temporais, anual, mensal e diária, com a utilização do software Excel.

### **Análise dos dados anuais de chuva**

Para análise anual dos dados de chuva utilizou-se a série histórica dos dados fornecidos pela Usina Ipojuca de 1941 a 2013.

Xavier e Xavier (1999) e Xavier (2002), baseados em Pinkayan (1966), utilizaram as ordens quantílicas  $p=0,15$ ;  $0,35$ ;  $0,65$  e  $0,85$ , com a finalidade de definir níveis ou faixas Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso. Tendo em vista que o objetivo da desta pesquisa é a identificação de eventos extremos de precipitação, acrescentaram-se mais duas categorias referentes aos extremos, uma na ordem quantílica de  $p=0,05$  (Extremamente Seco) e a outra na ordem quantílica  $p=0,95$  (Extremamente Chuvoso).

Aplicaram-se, então, para a análise anual, as probabilidades referentes a  $(0,05)$ ,  $(0,15)$ ,  $(0,25)$ ,  $(0,65)$ ,  $(0,85)$  e  $(0,95)$ , classificando os anos em Extremamente Seco, Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso, Muito Chuvoso e Extremamente Chuvoso.

Os anos identificados para cada categoria descrita acima foram comparados com os eventos de Alterações na Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico (ATSM) como os fenômenos de El Niño/Oscilação Sul (ENOS) – conforme o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) – bem como com a Variabilidade da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Atlântico tropical (AT) caracterizados por Souza (1997) e Adreoli e Kayano (2007).

### **Análise dos dados mensais de chuva**

Para análise da chuva mensal, fez-se uso dos dados fornecidos pela Usina Ipojuca com uma série histórica de 1941 a 2013. Aplicou-se a técnica dos quantis aos dados mensais com o objetivo de identificar se a precipitação de cada mês está acima ou abaixo da média histórica, por meio das probabilidades referentes a  $(0,05)$ ,  $(0,15)$ ,  $(0,25)$ ,  $(0,65)$ ,  $(0,85)$  e  $(0,95)$ , considerando as mesmas categorias, extremamente seco, muito seco, seco, normal, chuvoso, muito chuvoso e extremante chuvoso da análise anual.



### **Análise dos dados diários de chuva**

A análise dos valores diários de chuva tem como objetivo a identificação dos limiares significativos (valores extremos) que possam causar danos à sociedade, acarretando movimentos de massa e inundação. Para tanto aplicou-se a técnica dos quantis utilizando-se os dados do Pluviômetro fornecido pela Apac, com série histórica de 1957 a 1978 e 1991 a 2013.

Na aplicação dessa técnica, tiveram de ser considerados apenas os dias com chuva. Na nesta pesquisa, optou-se por considerar dias sem chuva os valores inferiores ou iguais a 2 mm/24h, o mesmo utilizado por Souza (2011).

Após o descarte dos valores inferiores a 2 mm/24h da série analisada, os valores diários de precipitação pluvial foram distribuídos em sete classes quantílicas a saber: Chuva extremamente Fraca, Chuva muito Fraca, Chuva Fraca, Chuva Moderada, Chuva Forte, Chuva muito Forte e Chuva extremamente Forte, aplicando-se as mesmas probabilidades trabalhadas nas escalas anual e mensal; são elas:  $p=0,05$ ,  $p=0,15$ ,  $p=0,25$ ,  $p=0,65$ ,  $p=0,85$ ,  $p=0,95$ .

Com identificação dos resultados, analisaram-se as frequências de ocorrência de cada uma das categorias durante o ano, bem como os anos que apresentaram maior ocorrência de chuvas muito fortes e extremamente fortes.

### **IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA QUE GERARAM IMPACTOS NO MUNICÍPIO DO IPOJUCA**

Após a aplicação dos métodos anteriormente expostos para as análises dos extremos nas escalas anuais, mensais e diárias, os resultados finais foram comparados com as informações de eventos significativos nos arquivos digitais do Sistema Integrado de Informações de Desastres (S2ID), sistema esse ligado à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional (<<http://s2id.mi.gov.br/>>). Assim, tomando-se como base os principais eventos, foram verificadas fotografias, reportagens em TV e jornais, bem como relatos da população sobre os principais impactos causados por esses eventos no município do Ipojuca.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

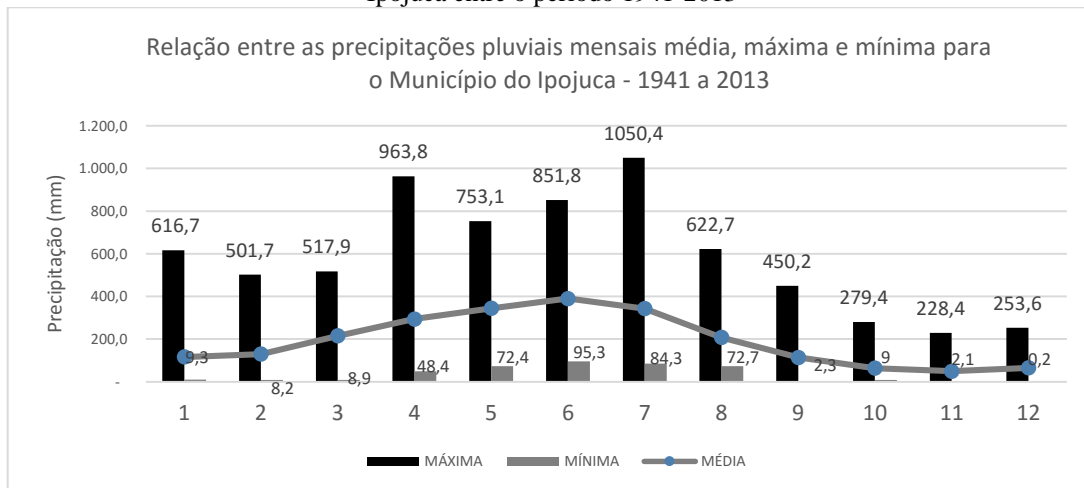
#### **Análise dos extremos anuais, mensais e diários de chuva**

No município do Ipojuca, o período chuvoso situa-se entre os meses de março a agosto (outono-inverno), sendo os meses mais úmidos os que vão de abril a julho, configurando-se a quadra chuvosa. As médias mensais oscilam entre 50,5 mm no mês de novembro a 360 mm em julho, com média anual de 2.333 mm. As precipitações máximas, mínimas e médias no

município do Ipojuca, apresentam considerável variabilidade sazonal e interanual da precipitação pluvial, tendo, como exemplo, chuvas máximas em julho de 1050,4 mm (1986) e mínimas de 84,3 mm (1980), seguindo a principal característica climática do Nordeste do Brasil, a variabilidade espaço temporal (Molion; Bernardo, 2002).

A Figura 2 apresenta a distribuição média mensal dos valores de chuva máxima, média e mínima para os anos de 1941 a 2013 do pluviômetro da Usina Ipojuca.

**Figura 2:** Distribuição entre as precipitações pluviais mensais média, máxima e mínima para o município do Ipojuca entre o período 1941-2013



Fonte: Pluviômetro localizado na Usina Ipojuca.

O montante de precipitação anual, mensal ou diária apresenta uma variabilidade interanual originada por diversos fatores. Seguindo este raciocínio, a Tabela 1 apresenta os valores identificados na análise da precipitação pluvial anual do pluviômetro da Usina Ipojuca para as probabilidades referentes a (0,05), (0,15), (0,25), (0,65), (0,85) e (0,95), classificando os anos em Extremamente Seco, Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso, Muito Chuvoso e Extremamente Chuvoso.

Tabela 1: Determinação das categorias e probabilidades da precipitação anual relacionada com as ordens quantílicas

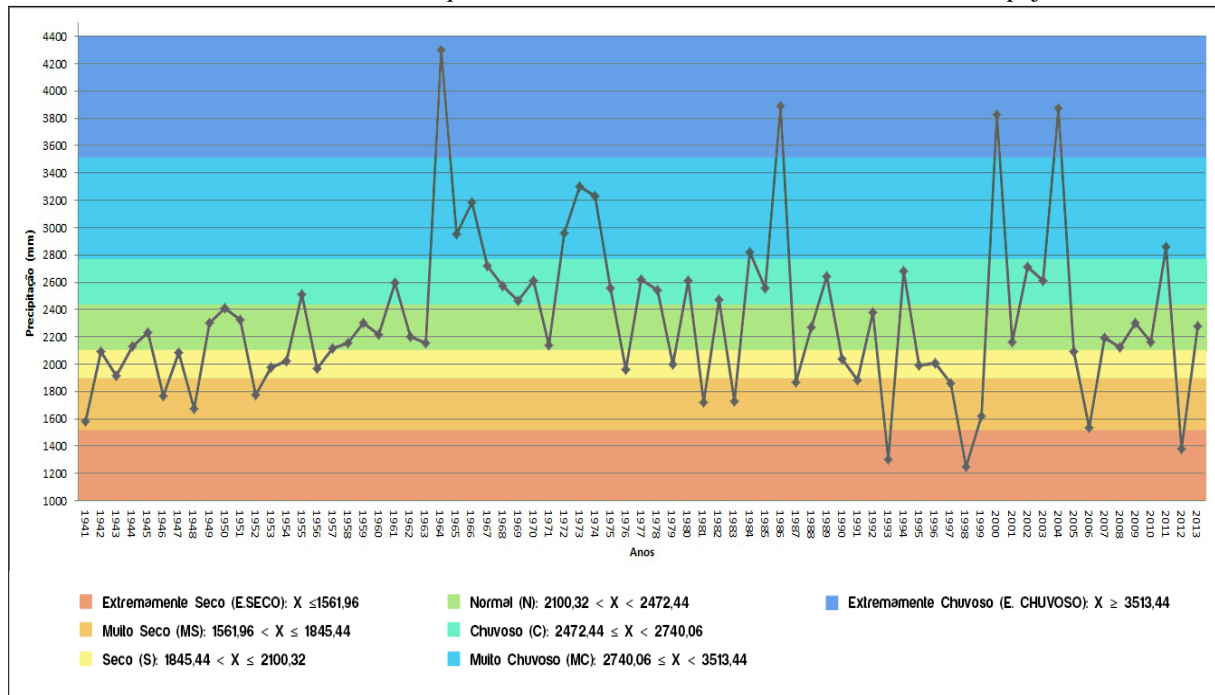
CATEGORIAS	PROBABILIDADES
Extremamente Seco (E. SECO)	$X \leq 1561,96$
Muito Seco (MS)	$1561,96 < X \leq 1845,44$
Seco (S)	$1845,44 < X \leq 2100,32$
Normal (N)	$2100,32 < X < 2472,44$
Chuvoso (C)	$2740,06 \leq X < 2740,06$
Muito Chuvoso (MC)	$3513,44 \leq X < 3513,44$
Extremamente Chuvoso (E. CHUVOSO)	$X \geq 3513,44$

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base na análise da Figura 2 a seguir, percebeu-se uma variabilidade interanual significativa. As décadas de 1940 e 1950, bem como a década de 1990 apresentaram maior frequência de anos normais a muito secos. Os anos 1990 apresentaram dois anos extremamente

secos, 1993 e 1998. As décadas de 1960, 1970 e 1980 foram mais chuvosas. A de 1960 foi a mais chuvosa, na qual todos os anos estiveram entre normais a extremamente chuvosos, com um ano extremamente chuvoso que foi 1964.

Figura 2: Representação dos totais anuais e das categorias e probabilidades da precipitação pluvial anual relacionadas com as ordens quantílicas identificadas na série de 1941 a 2013 no Ipojuca



Fonte: Elaborado com base nos dados do pluviômetro localizado na Usina Ipojuca.

A década de 1980 apresentou maior variabilidade entre as categorias, predominando os anos chuvosos, tendo um ano extremamente chuvoso, 1986. A década de 2000 também apresentou uma grande variabilidade em relação às categorias, apresentando dois anos extremamente chuvosos (2000 e 2004) e um ano extremamente seco, 2006.

Relacionando o gráfico da Figura 2 com os anos de ocorrência de El Niño (Tabela 2) e La Niña (Tabela 3) e do Dipolo do Atlântico (fases positiva e negativa, Tabela 4), pôde-se verificar que ocorreram fenômenos de El Niño nos anos de 1939-1941 (Forte), 1946 a 1947 (Moderado), 1951 e 1953 (Fraco) e 1957-1959 (Forte), o que pode ter influenciado na predominância do período de 1941 a 1960 como anos secos ou anos normais. Tal fato pode ter sido agravado pela ocorrência da fase positiva do Dipolo do Atlântico. A fase positiva consiste em um maior aquecimento do Oceano Atlântico Norte (menor pressão) que ajuda a manter a ZCIT mais ao norte da sua posição climatológica (Nóbrega; Santiago, 2014).

De 1962 a 1975 houve maior ocorrência de anos chuvosos a extremamente chuvosos. Fato esse que coincide com a ocorrência de eventos de La Niña forte e fracos nos anos de 1964-1965, 1970-1971 (Moderado), 1973-1976 (Forte), intensificado pela fase negativa do Dipolo

do Atlântico. Essa fase consiste em um maior aquecimento das águas do Atlântico Sul (menor pressão) fazendo com que a ZCIT se mantenha mais ao sul da sua posição climatológica. Além disso, quando o Atlântico Sul encontra-se mais aquecido, provoca mais evaporação da área adjacente à costa do NEB, em razão do maior fluxo de calor latente na área tropical, que leva umidade aos altos níveis e, essa massa, quando chega ao continente, condensa-se e forma a precipitação.

**Tabela 2:** Anos de ocorrência de El Niño

<b>Ocorrências de El Niño</b>		
Forte	Moderado	Fraco
1939-1941; 1957-1959 1972-1973; 1982-1983 1990-1993; 1997-1998	1946-1947; 1968-1970; 1986-1988 1994-1995; 2002-2003	1951, 1953, 1963, 1976-1977; 1977-1978 1979-1980; 2004-2005; 2006-2007 2009-2010.

Fonte: CPTEC/INPE.

**Tabela 3:** Anos de ocorrência de La Niña

<b>Ocorrências de La Niña</b>		
Forte	Moderado	Fraco
1949-1951; 1954-1956; 1973-1976 1988-1989; 2007-2008.	1964-1965; 1970-1971 1998-2001	1983-1984; 1984-1985 1995-1996.

Fonte: CPTEC/INPE.

**Tabela 4:** Anos de ocorrência do Dipolo do Atlântico

<b>Fase positiva</b>	<b>Fase negativa</b>
1951, 1953, 1954, 1958, 1966, 1969, 1970, 1978, 1979, 1980, 1981, 1983, 1992, 1997	1949, 1964, 1965, 1971, 1972, 1973, 1974, 1977, 1984, 1985, 1986, 1989

Fonte: Souza (1997); Adreoli e Kayano (2007).

Moura et al. (2009), em estudo sobre a relação entre a precipitação do Leste do Nordeste do Brasil e as temperaturas dos oceanos chegaram à conclusão de que há maior influência do Atlântico Sul, uma vez que as águas quentes desse oceano afetam positivamente as chuvas nessa região.

A década de 1980 também foi marcada por maior ocorrência de anos chuvosos a extremamente chuvosos. Entretanto, os anos de 1981 e 1983 foram considerados muito secos; tal fato pode ter sido influenciado pela conjunção dos fenômenos de El Niño forte e da ocorrência da fase positiva do Dipolo do Atlântico nesses anos. De 1984 a 1986, foi dominado por um período de ocorrência de La Niña e da fase negativa do Dipolo do Atlântico, destacando-se 1986 como um ano Extremamente Chuvoso.

A década de 1990 foi marcada pela predominância de anos secos, provocado pela preponderância de eventos de El Niño concomitante com a fase positiva do Dipolo do Atlântico. Nas décadas de 2000 e 2010, destacam-se os anos de 2000, 2004 e 2011 como anos muito

chuvosos a extremamente chuvosos. Dentre esses anos, somente 2000 estava sob a influência de um evento de La Niña; os demais anos estavam sob a influência de El Niño fraco.

Esse mesmo tipo de análise foi realizado por Silva et al. (2011), que encontraram resultados semelhantes para a região leste do Nordeste do Brasil.

Com a aplicação dos quantis extremos relacionados com as probabilidades  $p=0,05$  e  $p=0,95$  para os meses (Tabela 5), identificaram-se os valores máximos de cada mês nos seguintes anos: janeiro 2004; fevereiro 1980; março 1967; abril 1973; maio 1958; junho 1951; julho 1986; agosto 1964; setembro 2000; outubro 1971; novembro 1986; dezembro 1975.

Tabela 5: Relação mensal dos valores de chuva média, máxima, mínima e as probabilidades  $p=0,05$  (Mês extremamente secos) e  $p=0,95$  (Mês extremamente chuvoso)

CHUVA	MÊS											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Média	116,2	130	214,1	294,1	344,3	390,3	343,1	208	114,2	63,7	49,6	64,9
Máxima	616,7	501,7	517,9	963,8	753,1	851,8	1050,4	622,7	450,2	279,4	228,4	253,6
Mínima	9,3	8,2	8,9	48,4	72,4	95,3	84,3	72,7	2,3	9	2,1	0,2
Q 0,05	26,6	21,2	76,3	97,2	131,3	186,8	163,5	95,5	25,0	12,2	8,8	6,7
Q 0,95	267,1	344,8	446,3	609,3	652,0	795,5	748	387,0	235,8	167,9	126,4	149,1

Fonte: Dados da pesquisa, baseados no pluviômetro da Usina Ipojuca.

A análise dos valores diários de precipitação tem como objetivo a identificação dos limiares significativos (valores extremos) que possam causar danos à sociedade, acarretando movimentos de massa e inundação. Existe dificuldade na identificação desse valor, pois eles variam de acordo com as características locais, bem como com as estações do ano. Por exemplo: precipitação acumulada de 60 mm em 24h pode ser excepcional para uma região e normal para outra. Pode ser usual no verão e excepcional no inverno (Vicente, 2005).

Diante do que foi exposto, objetivando identificar o limiar pelo qual um acumulado de chuva de 24h seja considerado como um evento de chuva extrema (dia com chuva extremamente forte), aplicou-se a técnica dos quantis para os dados diários do pluviômetro de Ipojuca fornecido pela Apac com uma série de 1957 a 1978/1991 a julho de 2015. Ressalte-se que os anos de 1979 a 1990 não tinham dados, por isso não entraram na análise estatística. Conforme visto anteriormente, a década de 1980 foi considerada uma década chuvosa tendo 1986 como um ano extremamente chuvoso.

Para o município do Ipojuca, os valores diários de precipitação pluvial foram distribuídos em sete classes quantílicas, a saber: Chuva extremamente Fraca, Chuva muito Fraca, Chuva Fraca, Chuva Moderada, Chuva Forte, Chuva muito Forte e Chuva extremamente Forte, aplicando-se as mesmas probabilidades trabalhadas nas escalas anual e mensal. São elas:  $p=0,05$ ,  $p=0,15$ ,  $p=0,25$ ,  $p=0,65$ ,  $p=0,85$ ,  $p=0,95$ . O limiar de chuva que foi identificada como extrema se precipitado em 24h foi de 53 mm.

Com base nos resultados encontrados, verificou-se um maior número de ocorrências de chuvas moderadas em todos os anos analisados, superado apenas no mês de abril por dias de chuva forte. Os dias de chuva extremamente fortes são mais frequentes de abril a junho, mas chuvas acima do limiar de 53 mm identificaram-se em todos os meses. Dezembro foi o mês que apresentou a menor ocorrência, e em junho, seguido por maio e abril, houve as maiores ocorrências. Em agosto, identificaram-se somente dez episódios.

Por ser o mês mais chuvoso, junho é o que apresenta o maior número de dias com chuvas acima de 50 mm, principalmente de chuvas acima de 100 mm, seguido dos meses de maio e abril. Agosto apresentou um maior número de dias com chuvas acima de 100 mm do que dos demais intervalos.

### **EXEMPLOS DE IMPACTOS ASSOCIADOS A EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NO MUNICÍPIO DO IPOJUCA**

De acordo com o S2ID, registraram-se eventos de Inundação e Enxurradas bruscas em 2000, 2005 e 2010. O ano de 2000 foi considerado extremamente chuvoso estando sob a influência do fenômeno La Niña, fenômeno esse responsável por uma tendência de aumento de precipitação na porção leste do Nordeste. Em 2000, consideraram-se chuvosos, muito chuvosos e extremamente chuvosos 60% dos meses, o que mostra uma boa distribuição das chuvas durante todo o ano. Podem-se destacar junho e julho, considerados meses extremamente chuvosos, com totais mensais de 944,4 mm e 1.029,5 mm respectivamente. Mais precisamente pelas chuvas ocorridas nos dias 31 de julho e 1.º de agosto de 2000 (com chuva acumulada em 24h de 208,2 mm e 270,20 mm), o município do Ipojuca decretou Situação de Emergência, sendo atingidos os bairros de Ipojuca Sede, distrito de Camela, Vila de Porto de Galinhas, Vila de Rurópolis, Bairro de São Miguel, Vila de Serrambi, Loteamento Canoas e cerca de 10.000 pessoas foram afetadas.

O ano de 2005, por sua vez, foi considerado seco. Os meses, na maioria, foram classificados como secos, todavia, as chuvas se concentraram no trimestre JJA (50%), sendo este classificado como Chuvoso. No dia 1.º e 2 de junho, as chuvas atingiram um montante de 146,3 mm em 24h (Pluviômetro da Usina Salgado) levando à ocorrência de vários pontos de inundação e alagamentos, por exemplo: Rurópolis (Vila Europa), os bairros de Ipojuca Centro, Loteamento Antônio Dourado Neto (Campo do Avião), São Miguel, o distrito de Camela e os Engenhos Gaipó e Caetés, com um total de 2.000 pessoas afetadas, de acordo com o relatório de Avadan. Todas as áreas de risco foram atingidas levando a uma série de deslizamentos e alguns induzindo a perda total de residências. Além desses problemas, as chuvas também

causaram vários prejuízos sociais como rompimento de distribuição elétrica e coleta de lixo, bem como surtos de doença provocados pelo contato da população com as águas poluídas pelos esgotos.

O ano de 2010 apresentou totais anuais de chuva normal, com anomalias negativas de precipitação em relação à média. Grande parte do ano esteve sob a influência de um El Niño fraco. Todavia, as temperaturas do Oceano Atlântico Tropical Sul apresentavam-se elevadas, configurando-se uma fase Negativa do Dipolo do Atlântico. Por isso, mesmo que não se considerasse um ano chuvoso, apresentou chuvas intensas concentradas em junho, o que levou a prefeitura do Ipojuca a decretar situação de emergência.

As chuvas mais significativas ocorreram nos dias 5 (109 mm), 16, 17 e 18 de junho, com um acumulado de precipitação nesses três últimos dias de 299,2 mm/72h, equivalente a 52% do total precipitado em todo mês, acarretando eventos de inundações e enxurradas bruscas no município do Ipojuca e em vários municípios da região metropolitana do Recife e da Zona da Mata Pernambucana.

De acordo com Girão et al. (2013), nesse evento havia uma confluência de dois sistemas atmosféricos em atuação, acoplados à ocorrência de duas anomalias sobre os oceanos, gerando condições favoráveis à instabilidade atmosférica, por exemplo, a atuação de um Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL) sobre a costa leste do Nordeste.

Esses distúrbios são um sistema meteorológico de mesoescala que ocorrem normalmente no período de outono/inverno no litoral nordestino, porém o fenômeno que ocorreu nos três dias especificados atingiu proporções significativas adentrando para oeste do estado de Pernambuco até o Agreste e atingindo as cabeceiras das Bacias Hidrográficas localizadas nessa região, como as Bacias do Sirinhaém e Ipojuca. Ainda de acordo com Girão et al. (2013), esse sistema adquiriu maior energia por meio da circulação de brisa marítima que se apresentava mais intensa por causa das altas temperaturas do mar na costa leste do NEB.

Todo o município do Ipojuca sofreu impactos nesse período. A ponte localizada na PE-60 teve de ser interditada, bem como trechos da PE-38 que liga a PE-60 a Porto de Galinhas também teve vários trechos inundados, deixando os moradores de Camela e as pessoas que queriam regressar ao Recife isoladas. De acordo com a Defesa Civil do município, contabilizaram-se 1.500 desalojados e 102 desabrigados, com um total de 7.250 pessoas atingidas. Além desses impactos, identificaram-se prejuízos sociais como a ausência de distribuição de energia elétrica e água, coleta de lixo e cancelamento das aulas por dois dias segundo o Relatório de Avaliação de Danos/ S2ID.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados da análise da precipitação anual do município do Ipojuca mostraram que a predominância de anos secos entre as décadas de 1940 e 1960 pode ter sido influenciada pela ocorrência de fenômenos de El Niño, agravados pela ocorrência de uma fase positiva do Dipolo do Atlântico, diminuindo as chuvas na porção leste do Nordeste do Brasil. De 1962 a 1975, houve maior ocorrência de anos chuvosos a extremamente chuvosos, que coincide com a ocorrência de eventos de La Niña forte e fracos, intensificados pela fase negativa do Dipolo do Atlântico, o que leva ao aumento das chuvas na porção leste do Nordeste.

Em anos de conjunção dos eventos de El Niño e da fase negativa do Dipolo do Atlântico, as chuvas mostraram-se mais concentradas, e se verificaram eventos extremos pelo fato de as águas do Oceano Atlântico Tropical Sul encontrarem-se mais aquecidas, intensificando os sistemas meteorológicos atuantes, principalmente no período chuvoso.

Por meio da análise dos extremos mensais, pôde-se verificar que os meses que concentraram chuvas extremas foram abril, maio, junho e julho, meses esses considerados como período chuvoso no município do Ipojuca.

Com a análise dos dados diários de chuva e aplicação da técnica dos quantis, foi possível identificar no município do Ipojuca o montante de 53 mm / 24h considerado como chuva extremamente forte. Assim, os meses que apresentaram maior concentração dos dias com chuva acima desse limiar são de abril a junho, sendo mais representativo o mês de junho. No entanto, eventos de chuva acima desse limiar identificaram-se em todos os meses do ano, com pouca significância para o período de setembro a dezembro.

As análises dos extremos, anual, mensal e diária, mostraram que, para haver um evento extremo de chuva que cause transtorno à população, não precisa ser necessariamente um ano considerado chuvoso a extremamente chuvoso, pois as chuvas podem concentrar-se em um mês específico e dentro do mês podem estar concentradas em poucos dias. Como exemplo, os anos de 2005 e 2010 foram considerados respectivamente ano seco e normal, mas apresentaram chuvas extremas em junho, levando à ocorrência de inundações e enxurradas, como também várias ocorrências de deslizamentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Governo Federal e Ministérios das Cidades e Integração Nacional, aos membros do Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas, Planícies e Desastres (GEGEP) e ao Grupo de Estudos em Climatologia Tropical e Eventos Extremos



(TROPOCLIMA). Às usinas de cana-de-açúcar Ipojuca e Salgado, a APAC, a UMR-Hidromet / UGEO / ITEP pelos dados pluviométricos fornecidos, e a Prefeitura do Ipojuca.

## REFERÊNCIAS

ADREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e o Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 22, n. 1, p. 63-74, 2007.

ALVES, M. A. S.; MARQUES, R. F. C.; OYAMA, M. D. Detecção de DOL a partir de filtros temporais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., 2008, São Paulo. Anais... São Paulo: CBMET, 2008.

ARAGÃO, J. O. R. Clima e condições meteorológicas em Suape- PE: diagnóstico ambiental. Recife, 2006. 16 p.

BATISTA, M.S.; RODRIGUES, R. A. Análise climática de Viçosa associada à ocorrência de eventos extremos pluviométricos extremos. *Caminhos da Geografia*, v. 11, n. 36. p.52 – 67, 2010.

BRITO, D. S.; SILVA, J. M. O. Estudos dos impactos pluviométricos e os eventos extremos no município do Crato – CE. *Revista Geonorte*, v.1, n.5, p. 964 – 976, 2012.

COUTINHO, R. Q. (Coord.). Carta geotécnica de aptidão à urbanização frente a desastres naturais do município do Ipojuca, Pernambuco. Relatório técnico. Recife: Termo de Cooperação Ministério das Cidades e Universidade Federal de Pernambuco; Gegep; UFPE, 2014.

FARIAS, R. F. L; ALVES, K. M. A. S.; NÓBREGA, R. S. Climatologia da ocorrência de eventos extremos de precipitação na mesorregião do Sertão Pernambucano. *Revista Geonorte*, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 930-941, 2012.

GIRÃO, O. et al. O papel do clima nos estudos de prevenção e diagnósticos de riscos geomorfológicos em bacias hidrográficas na Zona da Mata Sul de Pernambuco. In: GUERRA, A. J. T.; OLIVEIRA JORGE, M. C. Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Org.). *Clima urbano*. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2013

HASTENRATH, S. On modes of tropical circulation and climate anomalies. *Journal Atmospheric Sciences*, v. 35, n. 12, p. 2222-2231, Dez. 1978.

HASTENRATH, S; HELLER L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 103, n. 435, p. 77-92, Jan. 1977.

IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: a special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK; New York, NY: Cambridge University Press, 2012. 582 p.

- KANE, R. P. Prediction of droughts in north-east Brazil: role of ENSO and use of periodicities. *International Journal of Climatology*, v.17, p.655-665, 1997.
- KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- MACHADO, C. C. C.; NÓBREGA, R. S.; OLIVEIRA, T. H.; ALVES, K. M. A S. Distúrbios ondulatórios de leste como condicionante a eventos extremos de precipitação em Pernambuco. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 11, jul.-dez. 2012.
- MEKONNEN, A.; TRORNCROFT, C. D.; AIYYER, A. R. Analysis of Convection and Its Association white African Easterly Waves. *Journal of Climate*, v. 19, p. 5405-5421, 2006.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste do Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 17, n. 1, 1-10, 2002.
- MOURA, G. B. A. et al. Relação entre a precipitação no setor leste do Nordeste do Brasil e a temperatura da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, n. 2, p. 247-251, 2000.
- MOURA, G. B. A. et al. Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, p. 462-469, 2009.
- NEELIN, J. D. et al. ENSO theory. *Journal Geophysical Research*, v. 103, n. C7, p. 14260-14290, Jun. 1998.
- NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlânticos e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. *Mercator*, v. 13, n.1, p. 107-118, jan.-abr. 2014.
- PHILANDER, S. G. *El Niño, La Niña and the southern oscillation*. San Diego, CA: Academic Press, 1990. 293 p.
- PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of wet and dry years over a large continental area. Colorado: State University, Boulder-Co, 1966. (Hydrology Papers, n. 12).
- RASMUSSEN, E. M.; CARPENTER, T. H. Variations in tropical sea-surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation El Niño. *Monthly Weather Review*, v. 110, n. 5, p. 354-384, May 1982.
- SAREWITZ, D.; PIELKE JR., R., 2000, Extreme Events: developing a research agenda for the 21st Century: unpublished workshop report. 2000. Disponível em: <<http://www.esig.ucar.edu/extremes/>>. Acesso em: 6 fev. 2015.
- SILVA, A. P. N. et al. Correlação entre as temperaturas da superfície do mar e a quantidade da precipitação na estação chuvosa no Nordeste do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, n. 1, p. 149-156, 2011.
- SILVA, V. P. Distúrbios ondulatórios de leste: estudo de casos que afetaram a costa leste do NEB. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Centro de Tecnologia e

Recursos Naturais Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, JP, 2010.

SOUZA, E. B. de. Um estudo observacional sobre o padrão de dipolo de anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Tropical. 141 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 1997. Disponível em: <<http://www.inpe.br/biblioteca>>. Acesso em: 20 out. 2008.

SOUZA, W. M. Impactos socioeconômicos e ambientais dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE. 2011, 121 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2011.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ARAÚJO, L. E. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife – PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 2. 2012. p. 250-268.

STRANG, D. M. G. D. Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste brasileiro. São José dos Campos: CTA/IAE, 1972.

VICENTE, A. K. Eventos extremos de precipitação na região metropolitana de Campinas. 2004. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

XAVIER, T. M. B. S. A técnica dos quantis e suas aplicações em meteorologia, climatologia e hidrologia, com ênfase para as regiões brasileiras. Brasília: Thesaurus, 2002. 140 p.

XAVIER, T.M.B.S; XAVIER, A. F. S. Caracterização de períodos secos ou excessivamente chuvosos no estado do Ceará através da técnica dos Quantis: 1964-1998. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 14, n. 2, p. 63-78, dez. 1999.