

VARIABILIDADE HORO-SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO EM FORTALEZA-CE EM ANOS DE CONTRASTES CLIMÁTICOS

Vicente de P. M. Lima¹, José Nilson B. Campos² & José M. Brabo Alves¹

Resumo: Neste estudo, foi investigada a variabilidade horo-sazonal da chuva em Fortaleza-CE em anos de contrastes climáticos (de El Niño, La Niña e Normais) no período de trinta anos (1970-2000), com registros pluviográficos a cada cinco minutos. Os resultados sugerem que o ciclo diurno, média mensal, é controlado pelos efeitos da brisa terrestre, máximos de chuva na noite/madrugada e início da manhã, mais evidentes nos anos de La Niña. Ocorre independente da composição de anos, a cada cinco minutos/dia mensalmente, uma frequência de mais de 95% de não-ocorrência de chuva, com exceção em anos de La Niña que no período entre 21 h e 3 h foi observado uma frequência inferior a 80%. Os menores períodos de retorno de totais de chuva observados entre 9-15 h, 15-21 h, 21-3 h e 3-9 h, mensais, são em torno de um dia para chuvas menores ou iguais a 10 mm. À medida que esses totais aumentam, o período de retorno cresce abruptamente, chegando a ser maior de trezentos dias para totais acima de 20 mm. O diagnóstico da configuração das chuvas ao longo do dia mostrou que há predomínio de chuvas contínuas (provocadas por nuvens estratificadas) na composição de anos de estudo. Faz exceção os anos de La Niñas, onde foi observada, a partir das 21 h, a evidência da ocorrência de pancadas de chuva advindas de nuvens convectivas (cumuliformes).

Abstract: In this study was investigated the hourly-seasonal variability of rain in Fortaleza-CE in climatic contrasts years (of El Niño, La Niña and Normal) using thirty years (1970-2000) of five minutes rainfall rates of pluviograph data. The results suggest that the diurnal, cycle monthly average, is controlled for the effect of the terrestrial breeze, with maximum of rain in night and during dawn and the beginning of the morning, with great evidences in the years of La Niña. It occurs, independent of the composition of years, to each five minutes/day monthly, a frequency of more than 95% of not rain occurrence, with exception the years of La Niña that in the period between 21 h and 3 h was observed an inferior frequency 80%. The lesser periods of return of observed rain totals between 9-15 h, 15-21 h, 21-3 h and 3-9 h, monthly, is around 1 day for lesser rains or equal 10 mm. The measure that these totals increase the period of return grows abruptly, arriving to be bigger of three hundred days for totals above of 20 mm. The diagnosis of the configuration of rains to the long day, called rain curves, showed that it has continuous rain

¹ Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME – Aldeota – Fortaleza – CE – email: melolima@funceme.br

² Universidade Federal do Ceará – UFC – Campus do Pici – Fortaleza – CE – Centro de Ciência e Tecnologia. Departamento de Engenharia e Ambiental – email: nilson@ufc.br

predominance (provoked for stratus clouds) in the composition of years of study. The exception the years of La Niña, where was observed from the 21 hours with evidence of the occurrence of convection rains (induced by cumulus clouds).

Palavras Chave: variabilidade, horária, precipitação.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da variabilidade da precipitação pluvial em Fortaleza-CE na escala horo-sazonal e seus impactos em hidrogramas de cheias é imprescindível para projetos de engenharia (obras de galerias, drenagem urbana, construção de canais, estudos de propagação de cheias, etc), e para o planejamento de atividades turísticas entre outras. Nos trópicos, região na qual se localiza a cidade de Fortaleza-CE, anos de contrastes climáticos classificados como de El Niños, La Niñas e Normais, podem apresentar características muito diferentes na distribuição horo-sazonal da precipitação pluvial. Entretanto, apesar de todo o avanço tecnológico associado às previsões meteorológicas e hidrológicas de eventos dessa natureza, são eles de difícil previsão, requerendo um monitoramento ininterrupto com acesso de dados em tempo real, sendo nesses casos essencial o uso de um radar meteorológico. O objetivo deste estudo foi investigar a variabilidade horo-sazonal da precipitação pluvial, usando trinta anos de dados (1970-2000) de pluviogramas com registros selecionados a cada cinco minutos, observados na Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará no Campus do Pici. Espera-se que os resultados obtidos possam contribuir para um melhor planejamento das atividades humanas (turísticas, projetos de Engenharia Hidrológica e outras), que necessitam dessa informação mais refinada da distribuição de chuva em Fortaleza-CE.

METODOLOGIA E DADOS UTILIZADOS

Os dados utilizados nesse estudo foram pluviogramas diários, com registros a cada cinco minutos, observados na Estação Climatológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará no Campus do Pici. A localização geográfica dessa Estação Climatológica é definida por: Latitude : 3°45' S, Longitude : 38°33' W e Altitude : 19,53 m. Inicialmente, foi feito um processo de leitura visual de cada pluviograma diário a cada cinco minutos da intensidade da chuva ocorrida. Essa leitura serviu de base para a montagem de um banco de dados digital que foi utilizado nos cálculos das estatísticas propostas no estudo. A leitura foi realizada nas fitas pluviográficas diárias, no período de trinta anos (década de 1970, 1980 e 1990). A precisão das fitas pluviográficas é de dez minutos, razão pela qual a leitura e registro das observações efetuadas devem ser obtidos por interpolação de cinco em cinco minutos. Com a base de dados acima, foi calculada a seguinte estatística dos dados a cada cinco minutos, mensalmente, para o período de

1970-2000. Média (μ): $\mu = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j$, em que n é o período em anos para o valor da média

em questão e x é o valor da precipitação pluvial; Desvio Padrão (σ): $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \mu)^2}{n}}$.

A estatística mencionada anteriormente foi para os anos que representam os anos de contrastes climáticos de El Niño (1973, 77, 78, 80, 83, 87, 91, 92, 93, 95, 98) La Niña (1971, 74, 75, 76, 84, 85, 86, 89, 96, 99, 2000). Os anos Normais foram considerados aqueles não classificados como de El Niño e La Niña no período de 1970-2000. Os anos de EL Niño e La Niña foram selecionados na *home page* do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Os eventos El Niño (fase quente do ENOS) têm registro desde os anos de 1500, e até a década de 1980 foram extraídos do artigo de Quinn e Neal (1992), cuja metodologia consistiu de uma compilação de várias informações observacionais disponíveis nos centros de meteorologia e oceanografia dos Estados Unidos. Três anos como: de El Niño forte (1998), La Niña forte (1989) e ano Normal (1972) foram escolhidos para comparar as suas estatísticas com as composições de nos acima citada. Calculou-se a frequência de não ocorrência de chuva a cada cinco minutos/dia, ($p = 0,0\text{mm} / 5 \text{ min.}$). Foi calculada, também, uma frequência de ocorrência de chuva horária diária, média mensal, vir a ter um total com intensidade classificada como: chuva fraca-CF ($0,0\text{mm} < p \leq 1,0 \text{ mm}$); chuva moderada-CM ($1,0 \text{ mm} < p \leq 1,5 \text{ mm}$); chuva forte-CF ($1,5 \text{ mm} < p \leq 2,0\text{mm}$); chuva muito forte-CMF ($p > 2,0\text{mm}$). Foram calculadas também curvas de chuva com os valores médios de cinco minutos, tendo como base o período de 24 horas. A interpretação dessas curvas deve ser feita com cautela, principalmente para os anos de contrastes climáticos, cuja amostra de anos usada no estudo é pequena. Strafacci (1998) definiu curva de chuva como uma medida do total de chuva, sendo que esse total varia através da tempestade. A Figura 1 mostra um bom entendimento para a curva de chuva (tipos e localizações nos Estados Unidos). Na realidade, essa curva representa a evolução da chuva durante a tempestade em cada tempo de sua duração. A inclinação dessa curva em cada passo de tempo da sua duração indica e possibilita caracterizar onde a mesma foi mais intensa. Essas curvas de chuva são obtidas, levando-se em consideração o total de chuva médio de 24 horas para o período de anos considerado. Para cada mês, dividiu-se cada valor médio a cada cinco minutos pelo total médio ou acumulado de 24h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras mostradas nessa seção são para alguns meses, embora que as análises tenham sido feitas para o período de janeiro a junho, o qual compreende o período mais chuvoso em Fortaleza. Visto que pelas análises dos dados ao período de julho a dezembro, a ocorrência de chuva tem

valores de precipitações bem menos intensas em relação aos seis primeiros meses do ano. Para todos os meses, tanto nas figuras das médias como dos desvios (com valores acima de 10mm), observou-se que as chuvas ocorrem com máximos principalmente no período noite/madrugada e início da manhã, e mínimos durante o dia, entre o final da manhã e início da tarde. Para o mês de janeiro, as chuvas mais intensas foram observadas em ano de 1989, La Niña forte e para o ano de 1998, El Niño forte, principalmente no mês de janeiro (Figura 1); para os outros anos de análise as configurações são bastante similares.

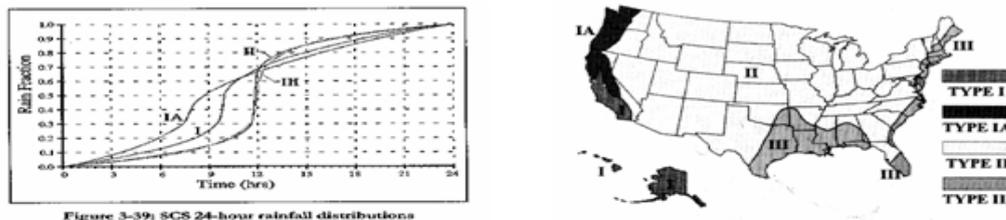


Figura 1 – Curvas de chuvas para regiões nos Estados e sua áreas de ocorrência. Fonte: Strafacci (1998).

Outra característica interessante nessa figura é que as chuvas nos anos de La Niña forte ocorreram entre as 21h e 6h, horário local, valores em cinco minutos entre 144 e 252, enquanto no ano de El Niño forte ocorreu uma concentração de chuva entre 252 e 288 minutos, correspondente ao intervalo de 6h e 9h ,horário local. Em fevereiro e março, as chuvas persistiram mais intensas no ano de 1998 (de El Niño forte), enquanto nos meses de abril, maio e junho há um predomínio de chuvas mais intensas nos anos Normais e de La Niña, principalmente em junho. Essa característica mostra que o Atlântico Tropical e suas condições termodinâmicas têm grande influência na distribuição da chuva horo-sazonal em Fortaleza, pois nos anos de La Niña (Dipolo Positivo) as condições são favoráveis às chuvas, auxiliando as brisas, em particular a brisa terrestre, na produção de chuvas, fazendo que estas se estendam até junho. Característica, termodinâmica contrária é observada nos anos de El Niño (Dipolo Negativo), Philander, 1990. A configuração horo-sazonal observada nesses gráficos para Fortaleza evidencia claramente a influência da brisa terrestre, que acoplada à grande escala favorável (desfavorável) observada em anos de La Niña (El Niño), controla o regime do ciclo diurno da chuva nessa região tropical. Chuvas com máximos similares foram observadas no Himalaia e nas montanhas no setor leste da Indochina (Barros e Lang, 2003; Hirose e Nakamura, 2004). Comparada ao ciclo diurno das latitudes médias do Hemisfério Norte, há também uma similaridade na ocorrência do máximo diário de chuva. No setor central dos Estados Unidos, o máximo diário principal ocorre em torno de 3 h da manhã, padrão semelhante. A seguir faz-se uma análise da frequência de não chover a cada cinco minutos, em média por dia do mês, para os trinta anos (clima), para a composição de anos em análise (El Niño, La Niña e anos

Normais), e para os anos isolados (1972- Normal, 1989 - de La Niña forte e 1998 de El Niño forte), para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho. Observou-se que as frequências, em geral, foram superiores a noventa por cento para não chover, exceto nos anos de La Niña, em que principalmente no período noite madrugada e início da manhã, essa frequência é inferior a oitenta por cento. Essa característica é interessante e mostra que o total diário de chuva, em média, não se considerando especificamente o dia dos meses em análise, é proveniente de períodos curtos com chuva, ao longo do dia, indicando que somente em torno de abaixo de dez por cento do ciclo diurno contribui para o total de chuva diária em Fortaleza.

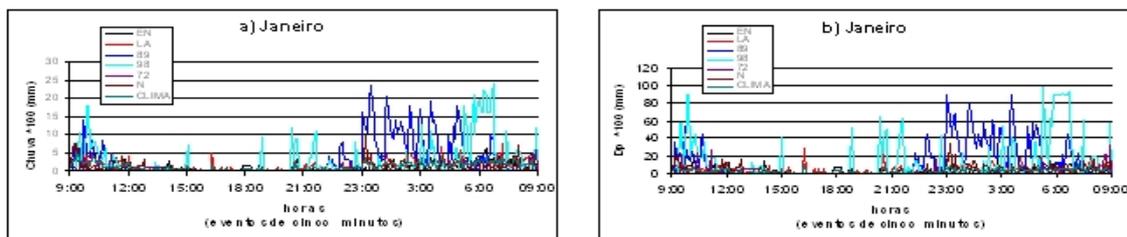


Figura 2 – Chuva*100 (mm), média, e desvio padrão *100 (mm), cada cinco minutos/dia. a) chuva em janeiro; b) desvio padrão em janeiro.

As curvas de chuvas mostraram que em todos os meses, não se levando em consideração a intensidade da chuva, e a composição de anos e os anos isolados, que a característica da chuva em Fortaleza tem predomínio estratificado, ou seja, as curvas são quase horizontais apresentando fraca inclinação vertical. A partir das 21 h (correspondente a 144 minutos), e durante a madrugada as curvas apresentam uma inclinação mais abrupta, principalmente nos meses de janeiro e junho em anos de La Niña, sugerindo a atuação de sistemas convectivos e nuvens tipo Cummulus, indicadoras de pancadas de chuvas. Uma característica notável nessas análises de curvas de chuva pode ser observada nos meses de fevereiro e março. Fevereiro é o mês que apresenta a configuração das curvas com menor variação em intensidade (Figura 4). Em março, apresenta a configuração de curvas com maior inclinação, principalmente após 24h (correspondente a 180 minutos), também foi observada no ano de El Niño forte (1998), indicando que mesmo em anos de seca, pancadas de chuva são passíveis de ocorrer em Fortaleza. As frequências horárias diárias, médias mensais, da chuva em Fortaleza vêm a ocorrer nas intensidades definidas como chuva fraca-CF ($0,0\text{mm} < p < =1,0\text{ mm}$), chuva moderada-CM ($1,0\text{ mm} < p < = 1,5\text{ mm}$), chuva forte-CF ($p > 1,5\text{ mm}$), mostraram que em noventa por cento das horas, mensalmente, entre janeiro a junho se inserem na categoria de chuva leve. Frequências para chuvas moderada, forte e muito forte são inferiores a dez por cento, e ocorrem em intervalos médios de cinco a dez dias, principalmente observados em anos de La Niña.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Entre as conclusões mais importantes do estudo citam-se: O regime de chuva horo-sazonal em Fortaleza é bimodal com máximos entre 21 h e madrugada e início da manhã, sugerindo uma

modulação pelos efeitos da brisa terrestre e sua interação com os sistemas atmosféricos que causam chuvas na região. No ano de 1989 (La Niña forte), essa bimodalidade foi mais aparente no mês de maio, enquanto para o ano de 1998 (El Niño forte) a mesma foi mais clara em janeiro. Essa configuração é também típica na pré-estação (novembro a janeiro), na estação chuvosa (fevereiro a maio) e no período pós-estação (junho a agosto). A frequência horo-sazonal, a cada cinco minutos/dia é marcada, mensalmente, por em média, noventa por cento da não-ocorrência de chuva, com exceção dos anos de La Niña, quando essa ocorrência, em alguns períodos do dia, é inferior a oitenta por cento. As curvas de chuva, a cada cinco minutos/dia, mensalmente, mostraram que, em média, para todas as composições de anos, a mesma ela tem pequena inclinação ao longo do dia, sugerindo a ocorrência por causa da formação de nuvens com características estratificadas. A exceção ocorre em anos de La Niña em que a curva de chuva apresenta uma inclinação mais intensa a partir das 21 h, indicando a atuação de nuvens convectiva (tipo cumuliformes), associadas as pancadas de chuva. Para estudos futuros, sugerem-se comparar as características horo-sazonais apresentadas para Fortaleza com outras cidades que apresentem dados intra-horários de observações de chuva. Para o Ceará, essa possibilidade é vislumbrada com as instalações e operação das 70 plataformas de coleta de dados nas várias macrorregiões do Estado.

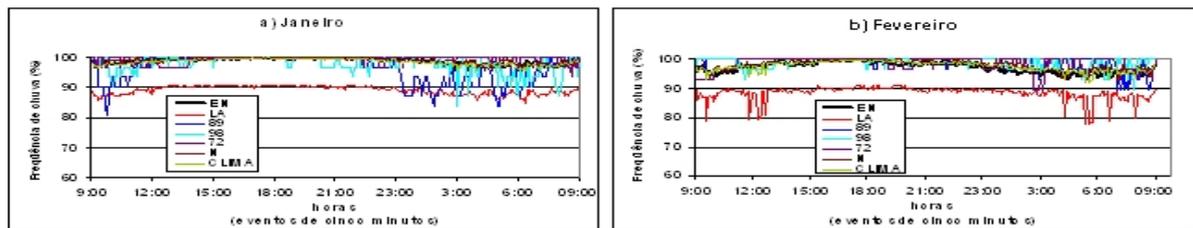


Figura 3 – Frequência de não chover em Fortaleza, média, a cada cinco minutos/dia. a) janeiro, b) fevereiro.

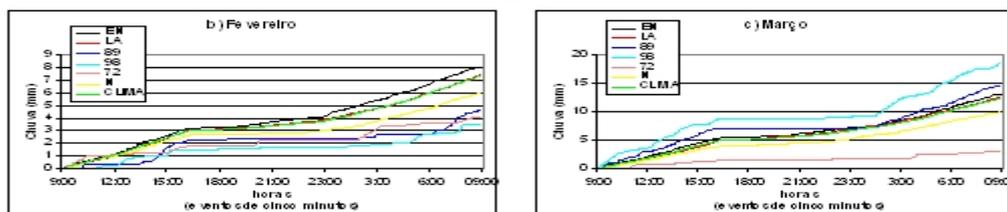


Figura 4 – Curvas de chuva para Fortaleza-CE. b) fevereiro e c) março.

BIBLIOGRAFIA

- BARROS, A. P.; LANG, T. J. Monitoring the Monsoon in the Himalayas: Observations in central Nepal. *Monthly Weather Review*, v.131, p.1408-1427. 2003.
- HIROSE, M.; NAKAMURA, K. Spatio-temporal variation of the vertical gradient of rainfall rate observed by the TRMM Precipitation Radar. *Journal of Climate*, v.17, p.3378-3397. 2004.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 38(7): 2653-2675, 1981.
- PHILANDER, S. G. *El Niño, La Niña, and Southern Oscillation*. Academic Press, Londres: 289pp. 1990.