

TENDÊNCIAS DE PRECIPITAÇÃO PARA A CIDADE DE FORTALEZA ENTRE OS ANOS 1974-1998.¹

Dáviney Sales de Freitas Júnior, graduando do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará.
davineyzootopia@gmail.com

Marta Celina Linhares Sales, professora doutora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará
mclsales@uol.com.br

RESUMO

As chuvas são resultantes do comportamento da atmosfera manifestado pelos sistemas atmosféricos atuantes em interação com a superfície terrestre, onde sua distribuição vai se diferenciar no espaço geográfico, devido aos fatores geográficos (continentalidade, maritimidade, altitude, latitude) e à presença humana, materializada, também, pela grande porção urbana no mundo e sua interação com a atmosfera. Por isso, faz-se pertinente os estudos de precipitação, temperatura, dentre outros elementos, seja na zona urbana como na zona rural, na tentativa de se ter uma previsão de quando e com que intensidade viria, de modo a garantir certas estratégias de planejamento para amenizar seus efeitos, principalmente quando vem em grande volume. Então, é importante ressaltar os impactos que a chuva pode causar nas áreas de risco. Nessa perspectiva, o presente trabalho tem como finalidade central analisar o comportamento das precipitações pluviométricas do município de Fortaleza, no estado do Ceará - Brasil, entre os anos de 1974 – 1998. Trabalhou-se com a análise de tendências de chuvas, na construção de gráficos de linha de tendência, com inserção dos coeficientes de determinação de Pearson (R^2) e da equação da reta, por meio dos dados obtidos de duas estações meteorológicas: PICI (que se localiza na Universidade Federal do Ceará) e FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos). Ainda que as duas estações estejam localizadas próximas uma da outra, não sendo representativo da distribuição total das precipitações no município Fortaleza, mais da região oeste, estas são os principais pontos de coleta existentes na cidade, não anulando assim a qualidade do estudo. Já no tocante aos resultados obtidos, observando-se tanto as tabelas dos dados de chuva como os gráficos referentes a mesma, nota-se o ano de 1985 como o mais chuvoso: 2900,1 mm segundo a estação do PICI e 2836 mm segundo a FUNCEME, já que a normal para precipitação no município é de pouco mais de 1500mm anuais, havendo assim, um desvio positivo bastante significativo. Quanto aos anos menos chuvosos, destacam-se os relativos aos períodos de El Nino ocorridos de maneira mais intensa entre 1982/1983 e 1997/1998. Entretanto, o primeiro ponto, PICI, apresentou o ano de 1993 como o mais “seco” com 945,1mm. O ano de 1983 mostrou um total de 958,2mm, 1990 com 974,8mm e 1997 com 975,5. No caso da FUNCEME, o ano menos chuvoso se deu por 955,2mm em 1983 e, em seqüência, 978,1mm em 1990. Devido a tais oscilações, sobretudo as referentes aos desvios negativos, a linha de tendência no PICI comportou-se de maneira decrescente, com $R^2=$

¹ - Eixo temático nº 7: processos da interação sociedade-natureza.

0,0242 de determinação. Da mesma forma, a linha de tendência do gráfico do posto da FUNCEME mostrou decréscimo, porém, com correlação um pouco superior a anterior: $R^2=0,029$ de determinação. Sendo assim, após a análise dos dados nas tabelas e gráficos pertencentes a cada estação, percebe-se uma diminuição nas precipitações, uma vez que a série histórica estudada teve vários eventos de El Niño, que acabam por interferir na redução do volume de chuvas na região norte do Nordeste brasileiro, mais especificamente na cidade de Fortaleza. É necessário salientar que, ao mesmo tempo em que ocorreu diminuição de chuva em ambos os pontos, houve um relativo aumento das temperaturas médias, resultantes dos dados das mesmas origens. Este trabalho é uma contribuição para uma melhor gestão da cidade de Fortaleza no que tange a uma melhor elaboração de políticas voltadas para uma melhor qualidade de vida urbana.

Palavras-Chave: tendências, precipitação, El Niño, Fortaleza-CE, Nordeste brasileiro.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho é resultante da pesquisa que foi realizada no Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará – UFC. O desenvolvimento do referido está incluso no projeto intitulado: “*O estudo do Clima Urbano de Fortaleza sob o enfoque do Sistema Clima Urbano – S.C.U.: Um destaque para os episódios pluviométricos intensos e as inundações urbanas*”, cujo financiamento e apoio se deram pelo e graças ao CNPq.

É sabido que o S.C.U. de Monteiro (1976, 1990, 2003) divide-se em três subsistemas (termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico), dentre os quais os mesmos se integram e interagem entre si. Contudo, a abordagem a seguir se insere mais no hidrometeorológico, uma vez que, o foco são as precipitações anuais.

Fortaleza, assim como as outras metrópoles brasileiras apresenta um grande porte no que tange ao caráter de urbanização, sobretudo em suas áreas mais centrais. Inclusive, tais fatores ligados ao lócus urbano: verticalização, pavimentação, vegetação reduzida, impermeabilização do solo, dentre outros, de forma acentuada, têm aumentado gradativamente dentro da série histórica (1974-1998) que aqui será analisada. Fatores estes que, quando na estação chuvosa, acabam por contribuir, sobretudo, nas inundações urbanas.

Ora, é sabido que as chuvas advêm da dinâmica, em termos de comportamento, da atmosfera (sistemas atmosféricos) na interação com a superfície terrestre, bem como sua distribuição que vai se manifestar de maneira diferenciada, dependendo dos fatores geográficos (continentalidade, maritimidade, altitude e latitude) e da presença humana, materializada, em especial pelas grandes metrópoles. Há assim, uma interrelação atmosfera-superfície, sendo que o espaço geográfico vai ser influenciado, portanto.

Nesse sentido, a presente abordagem tem como foco o estudo das precipitações pluviométricas da cidade de Fortaleza, entre os anos de 1974-1998, sob a análise de suas tendências. As estações meteorológicas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC)

forneceram os dados mensais de precipitação, bem como os de temperatura média, para a análise a seguir do comportamento das chuvas fortalezenses.

É importante ressaltar sobre alguns trabalhos relativos ao clima urbano de Fortaleza como os de Xavier (1996 e 2001) seguiram também uma análise do comportamento das variáveis (precipitação, temperatura, insolação, evaporação, etc.) em vários recortes dentro da série histórica de 1974 a 1995. Moura et al (2006), faz um levantamento da evolução dos trabalhos de clima urbano para a capital cearense, utilizando-se inclusive os de Xavier para tal finalidade.

Então, assim como nos estudos de Xavier (1996 e 2001), o enfoque que aqui será abordado se dará através dos dados secundários das referidas estações meteorológicas, no sentido de verificarem-se possíveis tendências de aumento, estabilização e ou diminuição das precipitações anuais entre 1974 – 1998.

Por meio destes, construir-se-á gráficos de dispersão (barras), correlacionando precipitação e série histórica. Comparar-se-á os resultados obtidos dos gráficos a fim de encontrar discrepâncias relacionadas às precipitações anuais, associadas ao comportamento dos sistemas atmosférico-oceânicos atuantes no Nordeste brasileiro, mais especificamente em Fortaleza: ZCIT, tropical atlântico, bem como as anomalias El niño e La Niña.

Os dados de temperatura média de ambas as estações, foram de suma importância, através de seus gráficos, no sentido de dar complemento e reforçar os resultados da estatística descritiva da distribuição pluviométrica no recorte temporal de 28 anos. Da mesma forma, as abordagens de Molion (2006), centradas na avaliação da Oscilação Decadal do Pacífico, complementaram no entendimento da distribuição das precipitações e temperaturas anuais.

Ainda que as duas estações estejam localizadas próximas geograficamente entre si, não representando a distribuição total das chuvas dentro no município de Fortaleza, e sim na região oeste da mesma, são as mais importantes do ponto de vista de pontos de coleta, não anulando, assim, a qualidade deste estudo.

METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho se deu por meio da análise dos dados de precipitação, com foco direcionado às tendências de precipitação anual entre os anos de 1974 - 1998, coletados pela Estação Meteorológica do Campus do Pici da UFC e pela Estação da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos).

O primeiro ponto de coleta se localiza dentro do Campus Universitário do Pici, na Estação Meteorológica do Departamento de Economia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará. Suas coordenadas geográficas são 3° 44' S e 38° 34' W. A referida estação está dentro de uma área pertencente à UFC, isto é, local que em tese não está passível de crescimento vertical, urbano, pois é uma área restrita. Possui uma vegetação significativa ao redor, um corpo hídrico próximo ao posto, assim como o bairro Planalto do Pici, que não possui verticalizações acentuadas. O uso e ocupação do solo não são intensificados como num adensamento urbano.

O segundo local de coleta é a Estação Meteorológica da Funceme, localizada em uma das principais avenidas do Município de Fortaleza, uma das vias de ligação da zona oeste ao centro da cidade (Av. Bezerra de Menezes), nas coordenadas 03° 43' S e 38° 33' W. As

condicionantes pavimentação, verticalização, fluxo de veículos e urbanização são bem mais acentuadas, contrapondo-se a estação anterior.

Torna-se assim relevante salientar o fato de as duas estações estarem bem próximas, contudo, possuírem realidades microclimáticas distintas. As duas se localizam na mesma avenida, isto levando em consideração o Campus do Pici, que tem uma de suas entradas na Avenida Mister Hull (que antecede a Avenida Bezerra de Menezes), sendo que a estação está dentro das dependências do mesmo, só que numa área bastante preenchida por vegetação. Assim, imaginando-se um plano cartesiano, só que formado pelas vias Av. Mister Hull + Bezerra de Menezes (*eixo x*), perpendicular às vias Av. Parsifal Barroso + Av. Humberto Monte (*eixo y*), a estação da Funceme estaria no que seria o segundo quadrante, e a estação Pici no terceiro quadrante (XAVIER, 2001).

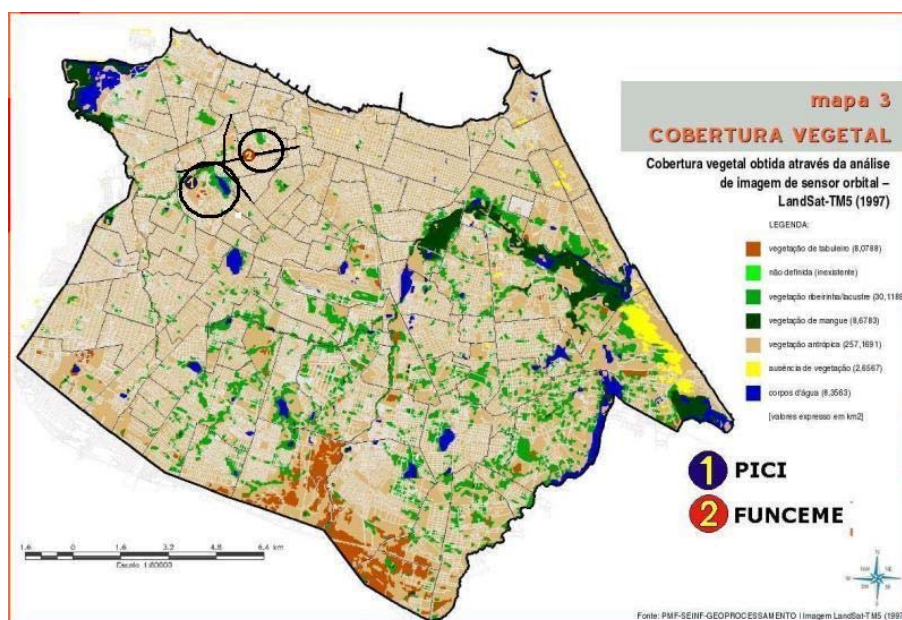


Figura 1 - Mapa da cidade de Fortaleza representando as estações Pici e Funceme em seus respectivos quadrantes. Fonte: Plano Diretor de Fortaleza.

Trabalhou-se com a precipitação considerando seus dados anuais. Tendo isso em vista, cada soma anual foi trabalhada no programa *Microsoft Excel*, com o intuito de construírem-se os gráficos de colunas, com os dados anuais de precipitação pluviométrica correspondentes ao Pici e a Funceme. Correlacionou-se as variáveis de precipitação anual com os anos de estudo. A partir disso, resultaram equações da reta, $y = a.x + b$, e coeficientes de determinação (R^2), que provam, através da estatística descritiva, as tendências resultantes. No caso de R^2 , seus valores variam entre -1, e 1, onde quanto mais próximo de 1, mais significativo é o valor de correlação e tendência. Mostraram-se os resultados da correlação em percentual e em números absolutos. Galvani (2005) mostra como trabalhar os princípios básicos da Estatística Descritiva, para uma melhor análise dos dados obtidos, mencionando, inclusive, a importância da equação da reta $y = ax + b$ e do coeficiente de determinação R^2 .

As temperaturas médias, dentro do mesmo período de estudo, foram de suma importância na interpretação dos dados de precipitação. Utilizaram-se os gráficos de linha de

tendência, com as médias anuais de temperatura, cada qual com sua equação da reta e coeficiente de determinação. Folhes e Fisch (2006) trabalharam com dados de precipitação e temperatura do posto meteorológico do Departamento de Ciências Agrárias da (UNITAU), da cidade de Taubaté – SP, no foco de tendências estatísticas para as duas variáveis, no sentido de dispor os resultados obtidos aos agricultores, para o planejamento da produção agrícola.

Para ainda dar uma ênfase na possibilidade de discrepâncias, relacionadas aos dados dos anos mais chuvosos e mais secos da série histórica das duas estações em estudo, utilizou-se climogramas, correspondentes aos tais anos, justamente para mostrar a distribuição das chuvas e temperaturas médias mensais durante dado ano muito chuvoso ou seco.

Neste presente trabalho, o fato de analisar-se o comportamento das precipitações anuais, e, no caso dos climogramas, mensais, diferentemente do trabalho dos autores anteriores, vai de contribuição tanto para uma melhor gestão da cidade de Fortaleza, no tocante a melhores elaborações de políticas de qualidade de vida urbana.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o banco de dados das duas estações meteorológicas, possibilitou-se construir as tabelas de precipitação mensais e, por conseguinte, as anuais, assim como os seus respectivos gráficos de linha de tendência, para com isso, possibilitar a análise estatística descritiva e geográfica dos dados.

1. Análise das Precipitações Anuais: Funceme e Pici

Cada gráfico resultante dos dados de precipitação de ambas as estações, ao analisá-los, apresenta uma descida, ainda que não brusca, da linha de tendência, sendo assim decrescente. No entanto, embora ambos tenham uma distribuição das colunas, representando as precipitações, parecidas, resultaram diferenças nos seus coeficientes de determinação e nas equações da reta. Os anos mais chuvosos ou mais secos são esperados, se levarmos em consideração, no caso, os fenômenos de El Niño e La Niña que interferem no regime das precipitações e, também, temperatura controlados pelos sistemas atmosféricos (ZCIT, Ta,) em anos normais.

Berlato e Fontana (2003) analisaram através das tabelas fornecidas pelo CPC/NCEP/NOOA, o histórico de ocorrência de El Niño e La Niña no período entre 1877 a 2000, cujos estes serviram de base para perceber as distribuições das chuvas anuais nos gráficos a seguir.

As precipitações anuais da Funceme, entre 1974-1998, variaram entre 2751,3 mm em 1974 e 1012,4 mm em 1998. Diferentemente do gráfico de temperatura média da Funceme, da qual a mais baixa da série (26,2°C) está em 1974 e a mais alta em 1998 (28,4°C), anos de La Niña forte e El Niño forte, respectivamente, as anuais de chuva dos mesmos anos não foram as que apresentaram os mínimos e máximos em milímetros. Isso se deu nos anos de 1985 com 2836,0 mm (máxima da série) e em 1983 com 955,2 mm (mínima anual da série).

É importante destacar que as precipitações mais baixas se coincidem durante os anos em que ocorreram os eventos de oscilação positiva do El Niño. No caso, o ano de 1977, com

El Niño de intensidade moderada, apresentou 2019,9 mm, a mais alta durante a temporada quente do Pacífico durante 1977 e 1983. Entre os anos de 1979 e 1983 a distribuição chuvas anuais apresentam-se quase “equilibradas” entre si, porém todas bem abaixo da linha de tendência, entre 1190,6 mm e 955,2 mm. Durante os anos de 1984 a 1986 as precipitações elevam-se a mais de 2000 mm, mas a partir de 1986, a intensidade das mesmas diminui, coincidindo com o evento moderado de El Niño até 1988. La Niña forte entre 1988/89 e um balanceamento nas precipitações anuais (acima da linha de tendência), já de 1990 até 1993 decresce a intensidade das referidas, sendo a mais baixa (978 mm) no início da temporada.

Na etapa entre 1994/95 o gráfico 1 apresenta um acréscimo das anuais e a seguida diminuição até 1997/98, anos considerados secos.

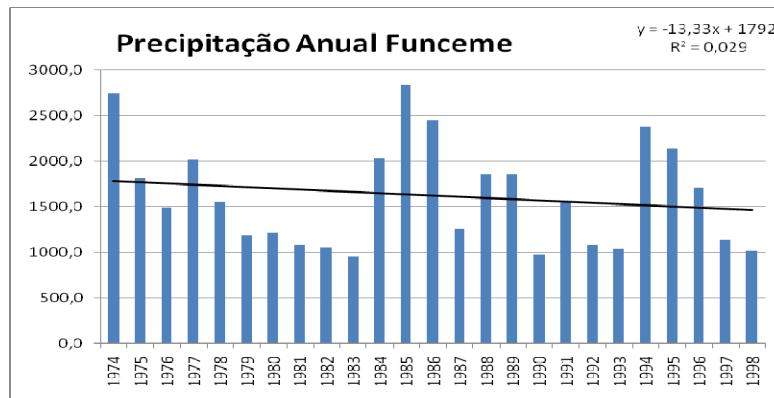


Gráfico 1: Precipitações Anuais da Funceme (1974-1998). $R^2 = 0,029$; $y = 13,33x + 1792$,

Assim, percebe-se que a linha de tendência é decrescente, uma vez que, o valor de a na equação da reta resultante é negativo. As anuais de precipitação apresentam uma correlação de $R^2 = 0,029$ (2,9 %) em relação a 1 (100%). Um número não significativo, pois está bem distante de 1, se levando em consideração que, quanto mais próximo de 1, valores entre -1 e 1, mais significativa é a correlação entre as variáveis.

Percebendo o comportamento das temperaturas médias ($T^{\circ}C$) da Funceme e da mesma série histórica (1974-1998), é notável que durante os anos que obtiveram menor número de precipitação no gráfico acima, no gráfico 2, a situação se inverte, sendo perceptíveis as temperaturas acima da linha de tendência linear durante os mesmos.

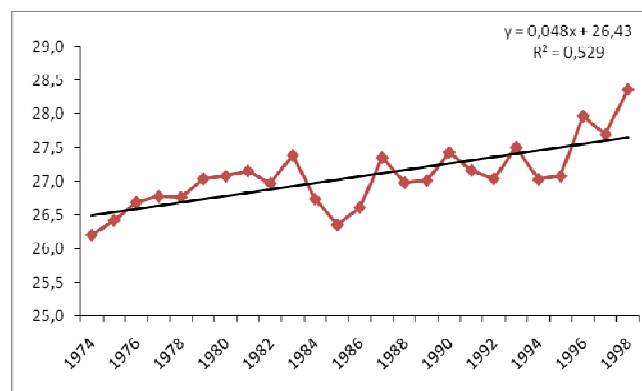


Gráfico 2: Temperaturas Médias Anuais da Funceme (1974-1998). $R^2 = 0,5292$; $y = 0,0483x + 26,439$

As temperaturas que estão acima da linha de tendência correspondem aos anos considerados secos e que tiveram eventos fraco, moderado e ou forte de El Niño. As que estão abaixo daquela se enquadram dentro dos anos normais e/ou com eventos de La Niña.

Quanto às precipitações anuais do Pici, estas variaram entre 2796,6 mm em 1974 e 1182 mm em 1998. Da mesma forma que na série histórica da Funceme, a máxima se deu no ano de 1985 (2900,1 mm), contudo, a mínima ocorreu em 1993 (945,1 mm), também, considerado ano de intensidade seca.

Ocorrem os mesmos decréscimos e elevações das barras de precipitação nos gráficos, semelhantes ao anterior, mas, não idênticas. O referenciado relativo “equilíbrio” da configuração das chuvas entre 1979 e 1983 ocorre, só que variando entre 987,5 mm e 958,2 mm dentro de tal etapa do El Niño. Como nos resultados anteriores, entre 1984 e 1986 houve um acréscimo significativo das chuvas, onde o pico da série (2900,1 mm – 1985) foi destaque. E em 1990, como na representação anterior, no início da etapa forte do El Niño (1990/93), deu-se uma baixa precipitação anual - 974 mm variando até 945,1 mm (menor da série).

Acima da anual de 1994 da Funceme em 1,44 %, a precipitação anual do Pici foi de 2414,6 mm. Decresceu também até 1997/98, com 975,5 mm e 1182 mm respectivamente.

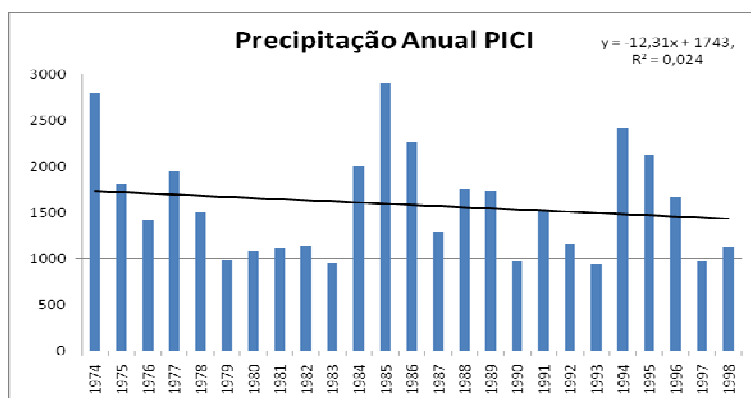


Gráfico 3: Precipitações Anuais do Pici (1974-1998). $R^2 = 0,024$; $y = -12,31x + 1743$,

Os dados correspondentes aos períodos de baixas precipitações anuais interferem de maneira significativa na inclinação de decréscimo da linha de tendência, isto é, de maneira similar ao gráfico 1, com os dados da Funceme, as oscilações negativas se sobressaíram às positivas (La Niña). Contudo, o valor do coeficiente de determinação foi $R^2 = 0,024$, ou seja, com uma diferença de 0,05 menor do que anterior ($R^2 = 0,026$). Porém, isso significa que o valor R^2 da correlação de precipitação e série histórica do caso da Funceme é maior do que o caso do Pici, pois, se aproxima mais de 1, mesmo que também se comporte como uma correlação positiva, mas ínfima.

Nesse sentido, há uma tendência de queda de precipitação em ambos os casos, mas, como já referenciado, os resultados do gráfico do Pici mostram um decréscimo maior, ainda que não distante do seguinte (Funceme).

Da mesma maneira que o gráfico da distribuição das temperaturas médias anuais da Funceme foi utilizado na percepção das precipitações desta, a representação gráfica das dispersões de temperatura média do Pici encontra-se abaixo.

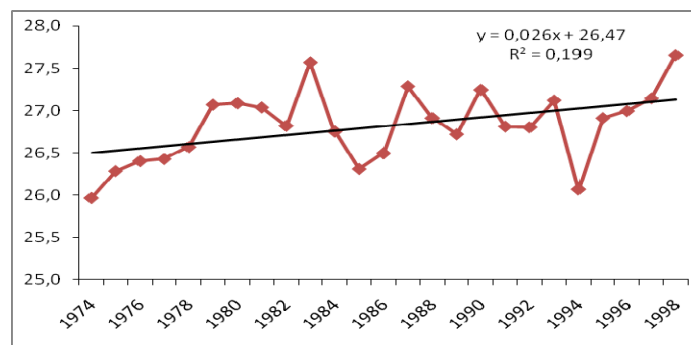


Gráfico 4: Temperaturas Médias Anuais do Pici (1974-1998). $R^2 = 0,199$; $y = 0,0261x + 26,477$

O certo “equilíbrio” entre as temperaturas médias do Pici (1979-1981), sobre a linha de tendência remete-se ao mesmo que houve entre as precipitações anuais no mesmo período, só que embaixo da linha. Enquanto que a temperatura média anual de 1983 do Pici foi 27,6°C, segunda maior da série histórica, a precipitação do mesmo ano foi de 958,2 mm, só que a segunda menor do mesmo intervalo de anos. No mais, o gráfico mostra os mesmos picos de temperaturas, associados, também, aos anos mais quentes, dos eventos de El Niño.

Portanto, através, dos gráficos de precipitação anual analisados, em conjunto com os gráficos de temperatura média, é notável que nos anos em que ocorrem poucas chuvas (mm), a temperatura média aumenta. Isso não quer dizer que sempre quando uma variável decresce a outra se eleve, ou vice-versa, mas, por exemplo, se, em 1983, um dos anos mais secos, o El Niño predominou com forte intensidade, inibindo a atuação dos sistemas atmosféricos responsáveis pelas precipitações no Nordeste brasileiro e em Fortaleza, não significa que não houve chuva em tal ano, só que de forma abaixo do que ocorre nos anos normais e/ou de La Niña. Então, enquanto a linha de tendência foi crescente para as temperaturas médias anuais, a linha de tendência decresceu para o caso das precipitações anuais das duas estações.

2. Sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste Brasileiro e sua relação com os eventos de El Niño e La Niña.

Após a análise dos gráficos de precipitações anuais, com dados coletados das estações da Funceme e do Campus do Pici (UFC), torna-se necessário fazer uma abordagem, tratando dos principais sistemas atmosféricos que atuam no Nordeste brasileiro, mas especificamente em Fortaleza. Também relacionar os tais com os anos de El Niño e La Niña, para dar embasamento aos resultados obtidos através da distribuição das chuvas (mm) anuais, representadas graficamente.

Como se pôde observar, as temperaturas médias anuais (picos), que se apresentaram acima da linha de tendência nos gráficos já referidos, coincidiram com os anos que, em sua maioria, tiveram déficit ou pouca precipitação e, dessa forma, maior insolação, sendo assim, correspondentes aos eventos de El Niño. Não que tais fatores se dêem apenas com o referido, mas o mesmo contribui tanto em escala global, como regional, no caso do Nordeste Brasileiro, no que toca a diminuição de chuvas em seu período de ocorrência.

Nos eventos de El Niño (aquecimento acima do normal das águas do Pacífico Equatorial), a célula de Walker é deslocada mais para leste, por conta das águas do Pacífico que ficam mais quentes nas proximidades da costa da América Andina, aí criando uma zona de convergência. Nisso, como a circulação atmosférica é contínua, a célula tem sua zona de

subsidiência nas proximidades do Norte e Nordeste Brasileiro, acarretando poucas precipitações. Com isso, a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) migra menos para abaixo da linha do Equador, sendo que esta, em caso contrário, é uma das principais causadoras de chuvas, dentro da quadra chuvosa (Fevereiro a Maio) nas regiões até 4° debaixo da linha equatorial. Esta zona de convergência é uma banda de nuvens que circunda a região equatorial da Terra, formada, sobretudo pela confluência dos ventos alísios de nordeste (hemisfério norte) com os de sudeste (hemisfério sul). Como o processo se dá em baixos níveis, há um embate entre os alísios, daí o ar quente e úmido resultante (zona equatorial) ascende, provocando formação de nuvens, altas *TSM's* “temperaturas da superfície do mar”, baixas pressões atmosféricas, grande atividade convectiva e precipitações (FERREIRA & MELLO, 2005).

Então, como Fortaleza está na região dos 3° de latitude, a ZCIT apresenta-se como principal sistema atmosférico causador de chuvas da cidade. Entretanto, a partir de junho, início do inverno no hemisfério sul, com a ZCIT já tem se movido para mais ao norte, acompanhando as temperaturas mais quentes do Atlântico Norte, o sistema atmosférico que vai provocar as precipitações são as “ondas de leste”, que, segundo Ferreira & Mello (2005, p. 22-23): “são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical [...], na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de leste para oeste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil”. São estas componentes do sistema tropical atlântico (Ta). O mesmo autor ainda aborda que tal sistema provoca chuvas, na maioria, na região da Zona da Mata, desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte, podendo provocar chuvas no Ceará de junho a agosto, do centro ao norte do estado.

Dentre estes sistemas, que mais repercutem em precipitações, existe outros como: complexo convectivo de mesoescala, vórtices ciclônicos de ar superior, brisas marítimas, frentes frias e linhas de instabilidade. O Oceano Atlântico é de grande importância na atuação de tais.

Com isso, ainda que os eventos de El Niño inibam a formação de nuvens, diminuindo a distribuição das precipitações na Amazônia e, principalmente, no Nordeste brasileiro, acarrete no aumento da temperatura do ar, etc., há ocorrência menor de chuvas.

Em contrapartida, em anos de La Niña, há um resfriamento nas águas do Pacífico em associação com o dipolo negativo das chuvas, favorecendo a ocorrência das mesmas. Além disso, é também responsável por anos normais, chuvosos e muito chuvosos (FERREIRA & MELLO, 2005).

Nessa perspectiva dos eventos El Niño e La Niña repercutindo no clima mundial, Molion (2006) com base em autores como Mantua et al (1997) fez uma abordagem acerca da OSP (Oscilação Decadal do Pacífico). Destaca o autor que:

As temperaturas da superfície do Oceano Pacífico (TSM) apresentam uma configuração com variações de prazo mais longo, semelhante ao El Niño, denominada Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) [...]. Os eventos ODP persistem por 20 a 30 anos, enquanto os El Niños por 6 a 18 meses. Da mesma forma que o El Niño, a ODP apresenta duas fases. A fase fria é caracterizada por anomalias negativas de TSM no Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias de TSM positivas no Pacífico Extratropical em ambos hemisférios. A última fase fria ocorreu no período 1947-1976. Já a fase quente apresenta configuração contrária, com anomalias de TSM positivas no Pacífico Tropical e negativas no Pacífico Extratropical. A fase quente se estendeu de 1977 a 1998. Não se sabe ainda qual é a causa da ODP, tampouco seus impactos sobre o clima. Porém, considerando que a atmosfera terrestre é aquecida por debaixo, os oceanos são a condição de contorno

inferior mais importante para o clima e, certamente, o Pacífico, por ocupar um terço da superfície terrestre, deve ter um papel preponderante na variabilidade climática interdecadal (p. 01).

Com isso, nesse contexto, a temporada de 1974-1998, com exceção da curta passagem de 1974 a 1976, se encontra dentro da fase quente da OSP, cujo número maior de eventos El Niño (seco, moderado e forte) foi presente. Assim, sob tal enfoque, tais secas e poucas precipitações no NE brasileiro, Amazônia e Indonésia seriam explicadas, além da interferência do El Niño no regime normal do clima, por se inserirem dentro da fase quente da Oscilação Decadal do Pacífico. Torna-se claro que o número de eventos de El Niño sobressaiu-se aos de La Niña, por isso a tamanha influência do primeiro no clima do Nordeste Brasileiro, em coincidência, dentro da série histórica em estudo.

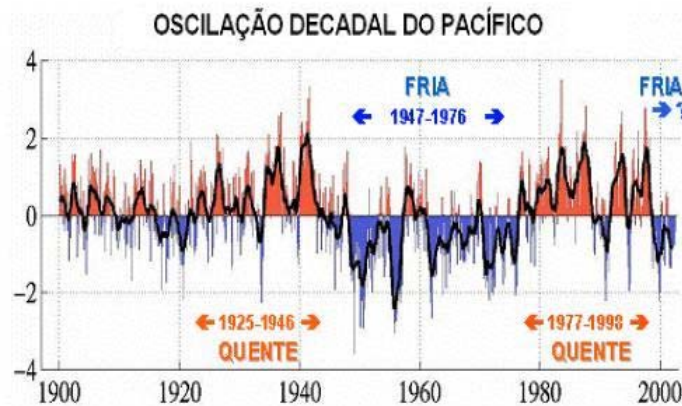


Figura2 - Série temporal do Índice da Oscilação Decadal do Pacífico: Mantua et al, (1997) apud Molion (2006). <http://tao.atmos.washington.edu/pdo/>

3. Análise de climogramas referentes aos anos mais secos e mais chuvosos (Funceme e Pici)

Far-se-á outra análise de gráficos, porém, referente aos climogramas dos anos mais secos e mais chuvosos. Assim, como já foi referenciado, 1983 foi o ano mais seco para a Funceme e 1985 foi o mais chuvoso para a mesma, então, a seguir, cada uma terá um climograma, mostrando a distribuição das chuvas durante o ano. Perceber-se-á que, diferentemente do que pode ser uma precipitação total anual, a distribuição das chuvas se dá de forma desigual, ou seja, ocorrem de maneira má distribuída.

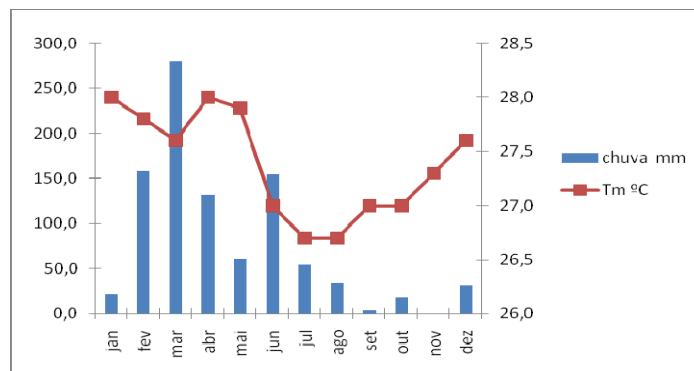


Gráfico 5: Climograma do ano de 1983 com dados da Funceme.

Remetendo-se a total anual do ano de 1983 (955,2 mm), observa-se que não é uma soma característica de um ano chuvoso, nem normal. No entanto, ocorrem as precipitações, só que com menor intensidade e bem mais mal distribuída.

Observando-se o período da quadra chuvosa, em Fortaleza, entre fevereiro e maio, vemos que o pico foi em março (280,9mm), depois decaiu novamente, chegando a apenas 61,4 mm em maio. A temperatura do verão de dezembro, com 28°C diminui até março, justamente por conta, sobretudo, da máxima de precipitação, ficando com 27,6°C, e, novamente aumenta, com o decréscimo das chuvas, até elevar-se aos 28°C, terminando a quadra chuvosa com a mesma temperatura média do mês de janeiro.

A partir de junho começa o inverno e ação, em especial, das “ondas de leste”, causando 155 mm no mesmo mês, pouco menos em relação ao dado no início da quadra chuvosa (158,8 mm), até agosto. Em seguida, entre os meses de setembro a novembro, começa a primavera, mas, caracterizada, em Fortaleza, por não ter tantas precipitações, devido a não atuação intensa dos sistemas atmosféricos e, por consequência, o aumento das temperaturas. No caso de tal situação mostrada no gráfico acima, tal acontecimento deve ter sido mais rigoroso, uma vez que, durante os eventos de El Niño, principalmente os de intensidade forte, há a predominância de poucas precipitações e altas temperaturas.

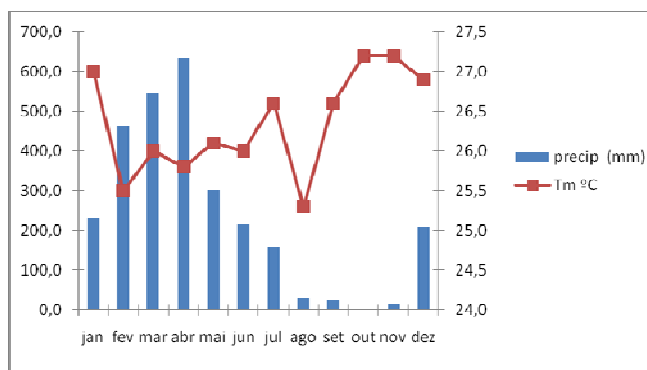


Gráfico 6: Climograma do ano de 1985 com dados da Funceme.

O gráfico acima é dado por um climograma do ano de 1985, mais chuvoso da série histórica da Funceme.

É notável que, no *eixo y*, o intervalo referente às precipitações (mm) é maior do que o anterior, pois ocorreram chuvas em maior quantidade (mm). O total anual de 1985 foi de 2836 mm. A quadra chuvosa, com 1945,4 mm totais, começou já com 463,4 mm, em fevereiro, tendo a máxima em Abril com 634,1 mm, representando 32% do total de chuva da quadra chuvosa. Esta, por sua vez, em números relativos, é dada por 69,59 % da precipitação total anual de 1985.

Em suma, o comportamento da distribuição das chuvas e das temperaturas do gráfico foi parecido com o anterior, diferenciando apenas a intensidade das precipitações pluviométricas e um decréscimo das temperaturas médias mensais, chegando a 25,3°C em agosto, mas mantendo até por volta dos 27°C. Os meses de outubro e novembro são, mesmo que em anos normais e chuvosos, característicos por serem os mais secos (final da primavera e início do verão). No caso de 1985, ambos com 0,2 mm e 15 mm respectivamente.

Quanto aos climogramas referentes aos dados mensais do ano mais seco da estação do Pici, em vez de ter sido 1983, como o da Funceme, foi outro ano de El Niño forte – 1993. A seguir está o climograma de tal ano e a distribuição das chuvas mensais e temperaturas médias mensais.

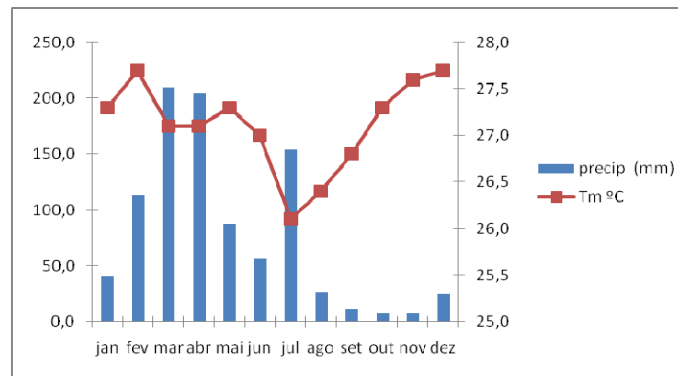


Gráfico 6: Climograma do ano de 1993 com dados da Pici.

Semelhante ao ano mais seco da série histórica da Funceme, 1993 do Pici obteve o pico de precipitação mensal no mês de março, mas, com 210,3 mm e 27,1°C de temperatura média. As temperaturas médias mensais do Pici, mesmo que com diferença de por volta de 0,3°C menos quente em comparação aos da Funceme, apresentam-se mais amenas. Isso pode ser explicado também pelas condições, além da atmosfera, das circuncidâncias do lócus. Os arredores da estação meteorológica da Funceme são bem divergentes em relação ao que circunda a estação do Campus do Pici. A primeira apresenta intenso fluxo de veículos, verticalização e pavimentação acentuada, material de concreto em exposição à radiação, mandando a radiação sob forma de ondas longas, depois sendo devolvida pela atmosfera, enquanto o segundo lócus se encontra dentro da mata do Campus Universitário, interferindo no balanço de radiação, de forma a diminuir a entrada a radiação no solo, resultando em um maior equilíbrio térmico. Contêm, ainda, um corpo hídrico, no qual influencia na sensação de certo conforto térmico.

O ano de 1985 foi como já explanado, o mais chuvoso do recorte temporal com 2900,1 mm, maior 2,21% do que os 2836 mm da Funceme. As temperaturas mensais apresentaram-se mais amenas que as do outro gráfico de 1985, devido, também, aos fatores expostos acima. No geral, a distribuição das precipitações assemelhou-se a de 1985. A quadra chuvosa teve no total de 1944,9 mm de precipitação, menor em relação à situação da Funceme, entretanto, a distribuição foi um pouco maior, sendo perceptível observando-os concomitantemente.

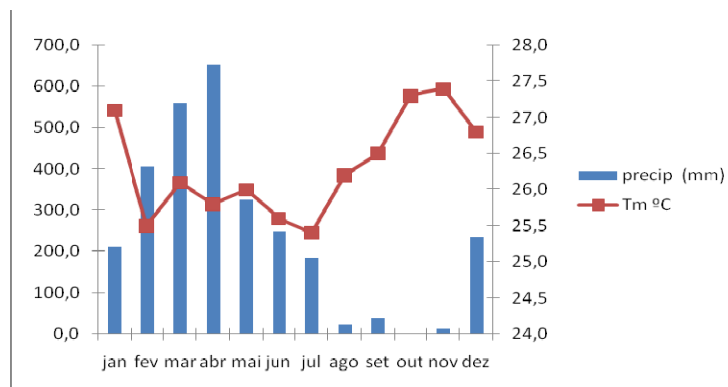


Gráfico 7: Climograma do ano de 1985 com dados do Pici.

Por fim, os próximos climogramas são pertencentes ao ano de 1997, com os dados dos dois pontos de coleta aqui utilizados. O total anual de chuvas da Funceme foram 1143,3 mm, e do Pici foram 975,5 mm. Apesar de não parecer, olhando-os simultaneamente, pegando-se ambos os dados mensais, durante os meses de setembro e outubro não ocorreu chuva no posto de coleta da Funceme, enquanto que no Pici mostrou 1,7 mm e 0,5 mm, para os respectivos meses. O quadrimestre chuvoso da Funceme – 1019,9 totais – representou 89,20 % da precipitação total do mesmo ano. No tocante ao quadrimestre mais chuvoso do Pici, com 861,3 mm, correspondeu a 75,33 % do que precipitou durante todo o ano. Com isso, embora a total anual do Pici tenha sido menor que a da Funceme, as chuvas do primeiro foram um pouco mais distribuídas do que o ocorrido na segunda. Todavia, tal afirmação é só um comparativo entre ambos os gráficos, pois a distribuição de precipitação continua desigual, por conta das estações do ano, que não são bem definidas, caracterizando-se por ter um período chuvoso no primeiro semestre e um seco no segundo.

Esse é somente um de vários exemplos de que uma média ou uma soma total pode ter discrepâncias, visto que o ano de 1997 do Pici, que choveu menos, em termos totais, distribuiu mais as chuvas, de certa forma, em contraposição ao caso da Funceme, a qual deteve do maior percentual e de números absolutos de precipitação no quadrimestre chuvoso. Os meses de janeiro e junho de 1997 – Pici – choveram mais.

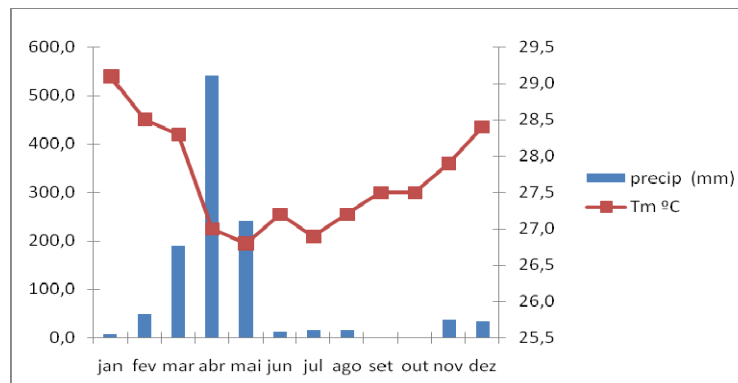


Gráfico 8: Climograma do ano de 1997 com dados da Funceme.

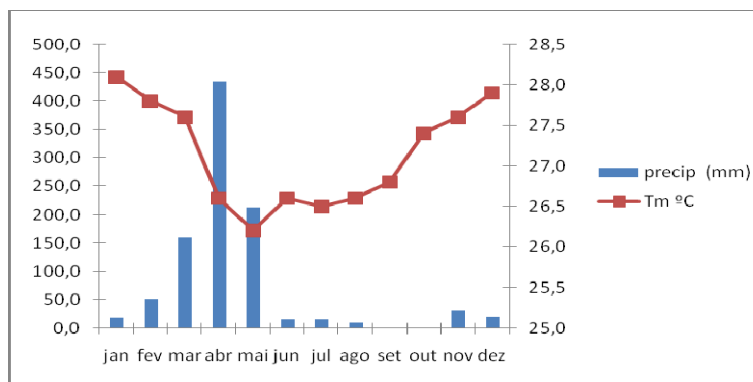


Gráfico 9: Climograma do ano de 1997 com dados o Pici.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As precipitações anuais resultantes das duas estações mostraram-se semelhantes, em termos de uma diminuta tendência de queda, embora os resultados do valor do coeficiente de determinação tenham sido diferentes: $R^2 = 0,029$ e $R^2 = 0,024$ para Funceme e Pici, respectivamente. Mesmo que as correlações tenham sido positivas (ambas acima de zero), resultaram-se como ínfimas, pois não houve tanta significância em tal processo de correlação entre a quantidade de chuva distribuída no período de 28 anos (1974-1998).

Então, nesse sentido, as medições de ambas as estações, simuladas pelos dados das mesmas, tiveram, em geral, uma boa correspondência, podendo ser possível justificar, conforme Xavier (2001, p.77) “que todas as medidas das duas séries pluviométricas, com respeito a cada mês, pudessem ser reunidas num ‘pool’ comum para fins de estudos climáticos”.

Quanto à série histórica trabalhada, optou-se por trabalhar com tal recorte temporal em questão, em um primeiro momento porque não foi possível conseguir os dados da FUNCEME posteriores a 1998 e em segundo porque, como foi dito, conforme Molion (2005) as OSP, em sua fase quente, foram fundamentais na presença maior de eventos El Niño, dentro da temporada de 1977-1998.

E quanto às influências do clima urbano nas precipitações, será que, de fato, interferem, de modo a acarretar em maiores índices pluviométricos nas zonas mais centrais do que em seus arredores devido aos aerossóis e convecções de ar naquela? Moreno (1999) trabalha na perspectiva de que a influência da urbanização nas precipitações é contraditória, uma vez que, vários fatores, dentre outros, como: a localização e intensidade das fontes contaminantes; o tamanho e a natureza de aerossóis emitidos. Além disso, a mesma autora diz que existem complicações ao comparar dados de chuva de estações meteorológicas, mesmo que tais estejam próximas, por conta de diferenças como topografia, e, por ser, diferentemente da temperatura, mais difícil de medir, visto que os pluviômetros são somente fixos, não podendo ser móveis.

No que toca a intervenção da vegetação na precipitação, Moreno (1999) ainda reforça:

En relación con la precipitación, el efecto no está tan claro; aunque parece que el arborado puede suponer un cierto control sobre la precipitación en sus diversas formas. Respecto a la humedad de la aire, está puede regularse mediante la vegetación [...] gracias a la propia transpiración de los vegetales, [...] por el riego de los suelos, se incrementa la humedad atmosférica (p.48).

De fato, houve um decréscimo das precipitações anuais, visto isso, através da linha de tendência e da distribuição das chuvas nos gráficos analisados. Só não se pode afirmar que tal queda seja algo contínuo, uma vez que, para tanto, seria necessário comparar com dados de outras estações, no caso de Fortaleza, como as do Aeroporto Internacional Pinto Martins, a de Messejana, a do Castelão e a do Modubim, utilizando-se, além da estatística descritiva, outros testes estatísticos, para reforçarem nos resultados a serem obtidos. Logicamente, relacionando-os aos fatores geográficos, que são de suma importância em tal análise.

Por fim, tal abordagem não perde seu valor, mesmo que os dados sejam de estações que se localizam no oeste de Fortaleza, pois são os principais pontos de coleta da cidade. Puderam ser considerados os resultados da estatística descritiva da equação da reta e dos coeficientes de determinação R^2 , juntamente com o espaço geográfico e com o olhar do

geógrafo, na interpretação dos dados das duas estações. Associaram-se, então, os fenômenos oceânico-atmosféricos, a OSP, urbanização e condicionantes naturais com a análise dos gráficos das precipitações anuais, das temperaturas médias anuais e dos climogramas, e seus resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 10.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña**: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. da S.: Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste e a influência dos oceanos Pacíficos e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n.1, p.15-28, 2006.

FOLHES, M. T.; FISCH, G.: Caracterização climática e estudos de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Revista Ambi-Água, Taubaté**, v.1, n.1, p.61-71, 2006.

GALVANI, E. Sistematização de Dados Quantitativos. In: VENTURINI, L. A. B. (org). **Praticando a geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 175-185.

MOLION, L.C.B.: Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista Climanálise**, v.3, n.1, p.1, ago. 2006. Disponível em: <<http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista>>. Acesso em: 14 fev. 2009.

MONTEIRO, C. A. F; MENDONÇA F. A. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MORENO, G.M.C.: Los parques y jardines urbanos y su efecto climático. *Climatología Urbana*. **Textos docents**, Barcelona, n.160, 1999.

MOURA, Marcelo de Oliveira; SALES, M. C. L.; ZANELLA, M. E.; SANTOS, A. M. F. A. Evolução dos estudos de clima urbano em Fortaleza. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 7. 2006, Rondonópolis. Anais do VII SBCG. Rondonópolis, 2006.

XAVIER, T. de Ma. B.S.: Alterações climáticas urbanas em Fortaleza/CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBMET, 1996.

_____. **Tempo de Chuva**: estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional. Fortaleza: ABC Editora, 2001, 478p.