

# Cadernos de Cultura e Ciência

*Culture and Science Periodicals*

# 02

I Simpósio de Geografia Física do Nordeste  
28 de abril - 01 de maio de 2007  
Universidade Regional do Cariri

Suplemento Especial

Simone Cardoso Ribeiro, Alexandra Bezerra de Souza,  
Theóphilo Michel A. C. Beserra

---

Universidade Regional do Cariri, Laboratório de Análise Geoambiental / Departamento  
de Geociência - Crato, CE, Brasil

## As condições microclimáticas urbanas de fortaleza: Análise de dois episódios sazonalmente contrastantes

SILVA, J.M. O1  
MOURA, M.O.L2  
SALES, M.C.L3  
SILVA, E.V4.

---

Mestranda em Geografia pela UFC  
Mestrando em Geografia pela UFC  
Professora Doutora do Departamento de Geografia da UFC  
Professor Doutor do Departamento de Geografia da UFC  
julianageografiaufc@yahoo.com.br  
geommoura@yahoo.com.br  
mclsales@uol.com.br;  
cacau@ufc.br

## Introdução

A cidade de Fortaleza apresenta uma série de problemas ambientais de descaracterização e degradação de seus componentes naturais, o que vem comprometendo a qualidade de vida urbana dos fortalezenses. O crescimento desordenado do município acompanhado de políticas urbanas pontuais e ambientalmente excludentes constitui o tensor de destaque desse quadro.

A modificação do clima original de Fortaleza faz parte dessa realidade, mas não representa uma problemática de primeira ordem. Entretanto, existem dados alarmantes como, a regressão de 50% da taxa da velocidade do vento (Xavier 1996 e 2001), suficientes para induzir novos planos urbanos e sensibilizar a sociedade para a tomada de decisões de controle dos atributos climáticos urbanos.

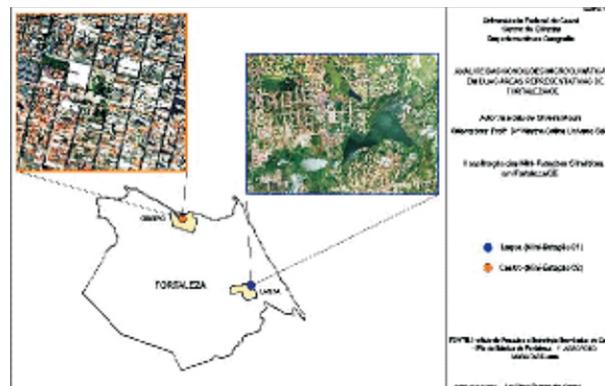
A ausência de trabalhos na análise das variáveis microclimáticas ao nível diário e sazonal em Fortaleza, justifica a realização dessa pesquisa que objetiva definir as condições microclimáticas numa comparação linear de duas áreas distintamente diferenciadas quanto seus aspectos geocológicos e de natureza urbana (Lagoa da Sapiranga e Centro), obtendo assim, informações sobre a intensidade dos contrastes higrotérmicos e anemométricos na perspectiva do conforto térmico.

Para isso, foram realizados dois experimentos de episódios sazonalmente contrastantes (outono e primavera) em perfis de 24 horas de registros horários.

## Área de estudo

O município de Fortaleza localiza-se na faixa central da zona litorânea do Estado do Ceará na Região do Nordeste do Brasil. Os pontos de coletas das variáveis climáticas (Figura 1), denominadas de estações microclimáticas se localizam em dois bairros distintamente diferenciados pela estrutura, morfologia urbana e condições ambientais. O primeiro no Parque Água Fria (Sapiranga/Coité) e o segundo no Centro (Praça José de Alencar).

Figura 1- Localização dos pontos de coleta da pesquisa.



## Materiais e métodos

A concepção teórica-metodológica adotada nessa pesquisa segue as prescrições de Monteiro (1976, 1990 e 2003), onde concebe o Sistema Clima Urbano (S.C.U) um sistema singular, aberto, evolutivo, dinâmico, adaptativo e possível de auto-regulação que engloba o clima local (fato natural) e sua urbanização (fato social). Nesse trabalho é adotado o nível Termodinâmico (Canal I - Conforto Térmico)

A coleta de dados constou na montagem de experimentos em campo, para isso foram instaladas duas estações microclimáticas não fixas, compostas dos seguintes instrumentos: um anemômetro portátil de conchas, um psicrômetro, uma bússola, um GPS e um poste de madeira. O psicrômetro do tipo giratório de funda permitiu obter além da temperatura e umidade relativa do ar duas escalas de conforto térmico (Temperatura Efetiva e índice do Conforto Humano.)

Os resultados que serão apresentados neste trabalho são referente a dois experimentos de um monitoramento de dez registros correspondente ao período de dezembro/2004 a novembro/2005 (Moura, 2006). Os dois experimentos apresentam um perfil de 24 horas com leituras horárias em uma situação sazonal de outono ( experimento IV: 17 e 18/03/2005) e primavera ( experimento X: 23 e 24/11/2005) representando, respectivamente, a quadra chuvosa e seca do município de Fortaleza.

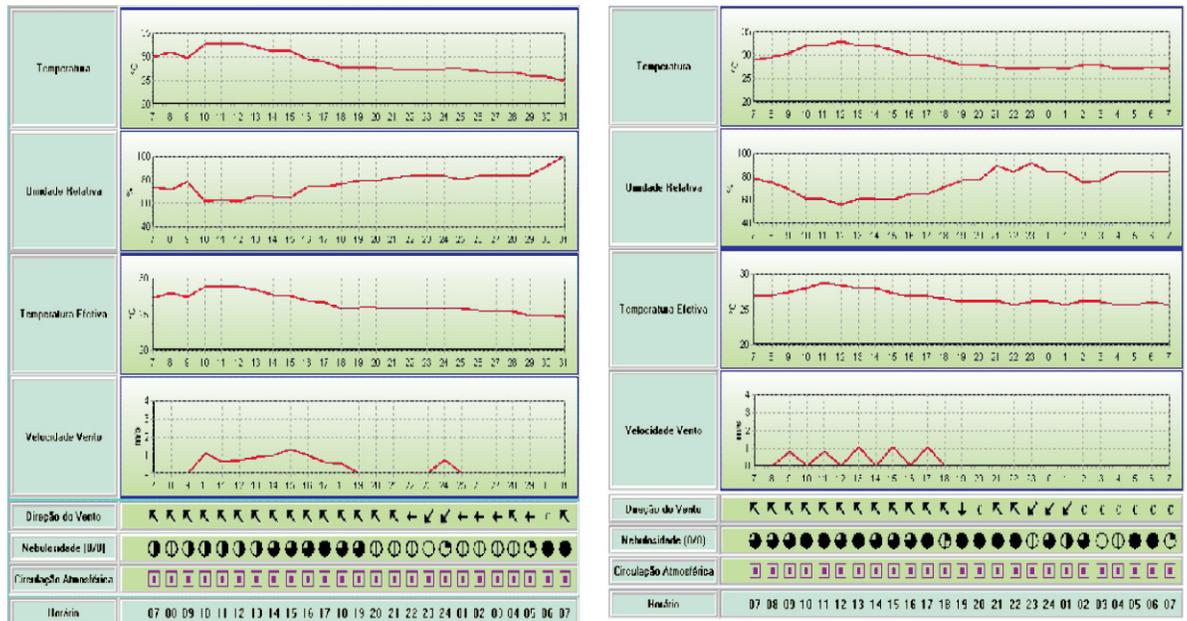
## Resultados e discussões

### Experimento IV: episódio do dia 17 e 18/03/2005

De acordo com as nefanálises realizadas pelas imagens do GOES-12,(1200 GMT) foi apontado o desenvolvimento de nuvens sobre Fortaleza, advinda de um VCAN's que se fortaleceu e provocou chuva no período da manhã e início da tarde no dia 18/03/2005. Na última leitura do experimento, às 7h do dia 18/03 foi registrado pela PCD-Fortaleza da FUNCEME 3,60mm de chuva. De forma geral, as mensurações da pesquisa comprovam as elevadas taxas de nebulosidade, advindas da borda convectiva desse sistema, principalmente no período da manhã, tarde e início da noite.

Os gráficos\* a e b da Figura 2, mostram que os dois primeiros registros se mantiveram maiores na área com diferença de 1,5 °C às 8h. Neste horário a nebulosidade era 6/8 para o Centro e apenas 1/8 na Lagoa. No registro de 9h a temperatura foi maior (0,8 °C) na Praça mesmo com nebulosidade bem superior ao outro ponto.

É por volta deste horário que se intensifica o fluxo de transeuntes e veículos, aumentando dessa forma o calor antropogênico, essa situação ocorreu também no experimentos VI, VII e IX, sendo que o experimento VI apresentou a maior magnitude térmica de toda a pesquisa 3,3°C às 9h.



a-Estação microclimática I: Lagoa da Sapiranga

b-Estação microclimática II: P. José de Alencar Centro

Figura 2 (a, b)- Gráficos do Experimento IV – Episódio 17 e 18/03/2005

Na mensuração de 10 e 11h a temperatura do ar voltou a ser maior na Lagoa com diferença de 0,8 °C, já as 12 e 13h foi equivalente para os dois pontos, com nebulosidade e umidade elevada para a Praça e Lagoa, respectivamente.

A umidade do ar foi mais elevada, para a estação microclimática I, mudando seu comportamento apenas nas duas primeiras mensurações, bem como de 21 até 1 hora (18/03/2005) onde se apresentou um pouco maior no Centro.

A partir das 14 até às 20h a temperatura segue um ritmo elevado na Lagoa se comparado com a área da Praça. Nessa última área as diferenças térmicas registradas foram: 1,1 °C (17h) e 1,2 °C (18h), evidenciando a tendência dos experimentos I e II do ar estar aquecido, pelo calor sensível nesses horários.

De 14 às 17h a cobertura do céu se manteve igual nas duas estações, logo se levanta a seguinte questão: em condições similares, parece que essa variável não influencia na amenização da temperatura no Centro, permanecendo o ar mais aquecido nessa área. Entre 18 e 20h a nebulosidade na Praça foi oito vezes mais elevada do que a Lagoa. As altas taxas de nuvens na Praça foi permanente para todo o experimento.

No final da noite (21 às 00h) não há diferenças notáveis da temperatura entre os pontos de observação. Durante a madrugada e nas primeiras horas do dia 18/03/2005 foi detectado um gradiente termal maior no Centro com magnitudes de 1°C (2 e 5h), 1,7 °C (6h) e 2,1 °C (7h), no decorrer desse tempo a umidade foi expressiva na Lagoa, chegando a 100% às 7h (18/03/2005) com ocorrência de chuva.

A velocidade do vento se manteve com valores baixos não superiores a 1,3m/s do tipo calmaria e aragem, fato esse habitual em Fortaleza nos meses de março e abril. O elemento foi bastante variável durante o episódio entre as duas áreas, com diferenças de 1,1m/s (10h) e 1,0m/s (14 e 16h) para Lagoa.

Durante a noite (a partir das 19h) e por toda a madrugada e início do dia seguinte a situação foi de calmaria nos dois pontos de coleta da pesquisa. Quanto à direção do vento observou-se a predominância de SE até às 18h, após essa mensuração registrou-se fluxos de leste (21, 01, 02, 03h na Lagoa) e de nordeste (23 e 00h na Lagoa e Centro).

O Diagrama do Conforto Humano e o índice Tempertaura Efetiva. apontam valores equivalentes de conforto entre as duas áreas em todo o episódio, salvo algumas exceções.

Do primeiro registro até às 17h, houve a necessidade de vento para a obtenção conforto, estando assim às mensurações dentro da zona de stress ao calor, com valores expressivos para a Lagoa as 11 e 12h (28,8 °C). A partir das 17h o Centro, apresenta o índice T.e mais elevado do que a Lagoa.

As taxas higrométricas da Lagoa favoreceram a diminuição do índice Temperatura Efetiva (T.e), com situação muito úmida durante a noite, madrugada e as primeiras horas da manhã do dia 18/03/2005, o que não refletiu em um ambiente confortável, pois a velocidade do vento foi nula de 19 às 7h (exceto 1h), condições essas semelhantes para a Praça, onde o fluxo de ar foi nulo para todo esse período. De forma geral, as escalas de conforto traduzem a situação anemométrica e higrométrica das áreas.

Experimento X: episódio do dia 23 e 24/11/2005

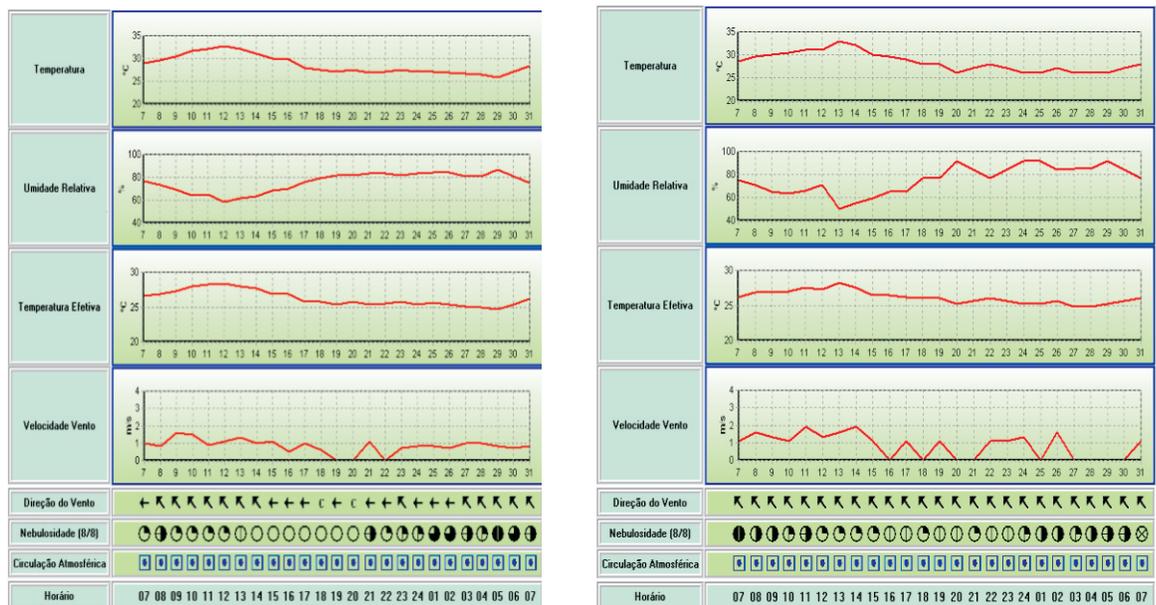
As imagens do METEOSAT-7 (1200 GMT) confirmaram céu limpo em Fortaleza, indicando a atuação do Sistema Tropical Atlântico (TA), dessa maneira sem nenhum mecanismo atmosférico repercussor de chuvas, apenas nuvens altas como se vê no canal infravermelho.

Nesta coleta de campo as diferenças térmicas se diversificam um pouco durante o perfil, como pode ser percebido nos gráficos da Figura 3, mas apresentam um ritmo habitual que foi nítido durante a análise desses nove experimentos, ou seja, de exibir diferenças térmicas de baixa e média intensidade no período da manhã na Lagoa e início da noite no Centro. Dessa maneira, nas primeiras mensurações do episódio ocorreram magnitudes de 1,1°C (10h), 1°C(11h) e 1,8°C(12h) no ponto da Lagoa e as 17 e 19 horas houve diferenças de 1°C na Praça. No decorrer do episódio, as magnitudes não chegaram a ordem de 2°C como ocorrido no outro perfil de 24 horas (experimento IV-março/2005). A partir das 13 horas e até as 22 horas as temperaturas do ar no Centro mostram um ritmo crescente.

Logo, constata-se tanto neste episódio como no outro experimento de 24 horas, a persistência de magnitudes térmicas nas primeiras horas da noite, evidenciando os efeitos da urbanização da área do Centro no aquecimento do ar. Durante a noite é baixo o fluxo de transeuntes na praça e de veículos nas vias paralelas a ela, devendo, portanto, a quase exclusividade da produção de calor sensível à liberação de radiação térmica armazenada pelas superfícies e massas edificadas do lugar.

No final da noite e início da madrugada a temperatura volta a ser elevada na Lagoa com diferenças de até 1°C. Neste percurso de tempo é obtido valor bastante alto de umidade na área do Centro. Na madrugada a temperatura variou entre os dois pontos de observação com diferenças que não ultrapassaram 0,6°C. Nota-se uma estabilidade da variável meteorológica nas primeiras horas da manhã do dia 24/11/2005, fato que não ocorreu no experimento de Março (perfil de 24horas).

No período noturno e na madrugada detectaram-se as taxas de nebulosidade mais elevadas de todo o perfil, isso se deve às condições da circulação da atmosfera (atuação de um sistema depressionário, EC, próximo à região de Fortaleza) Durante a tarde houve índices elevados deste elemento no Centro, o que não influenciou no comportamento térmico da Lagoa, como ocorria nos primeiros experimentos desse trabalho, pelo contrário se obteve magnitudes consideráveis para esse período no ponto da Praça.



a-Estação microclimática I:Lagoa da Sapiranga

b-Estação microclimática II: P.josé de Alencacentro

Figura 3(a,b)- Gráficos do Experimento X –Episódio 23 e 24/11/2005

A higrometria segue a habitualidade das demais medições, ou seja, de ser elevada na Lagoa. Os valores de velocidade do vento exibem um gradiente semelhante entre as áreas, com ventos de aragem e brisa ligeira. No Centro se detectou valores menores do fluxo do ar na noite e por toda madrugada.

Apesar de se ter um quadro relevante do movimento do ar nos pontos, inclusive na Praça, no período da manhã e tarde com valores de 1,9 m/s (11 e 14 horas) e 1,6 m/s (13h) as escalas indicadoras de conforto apontam para uma situação ao estress ao calor, como aconteceu com horários, a pouco apresentados, no Centro. Foram nessas mensurações que apareceram as maiores taxas de do índice de T.e.

Por toda manhã e tarde, nos dois postos, havia a necessidade de circulação do ar para garantia do conforto. Essa situação também ocorreu nos experimentos I,III,IV e V. Na madrugada quase todos os valores estão dentro da zona de conforto, embora o Diagrama não aponte para uma condição confortável.

Tal situação foi sinônima para o experimento de 24 horas no mês de março. Contudo as duas escalas de conforto apresentam uma superposição satisfatória de seus valores para todas mensurações em ambas as estações microclimáticas.

## Conclusões

As magnitudes térmicas seguem uma tendência de serem mais altas na Lagoa pela manhã durante os experimentos IV e X analisados, bem com em todo o período do verão-outono, correspondente a quadra chuvosa de Fortaleza, exceto para os episódios do mês de maio (experimento VI), junho (experimento VII) e agosto (experimento IX) do monitoramento realizado por Moura (2006) e Moura & Sales (2005). Sobre esse fato levanta-se as seguintes hipóteses:

1 – A cobertura das nuvens no Centro é mais elevada para esse período, o que possivelmente tenha reduzido a radiação solar sobre a área.

2 – As baixas cotas batimétricas da lagoa da Sapiranga, confirmadas pelos trabalhos da FORTALEZA (1978) e Moura et al (2005), Moura (2004) com maior valor de 1,1m encontrado por esse último autor, podem ter limitado o efeito de regulador térmico comum aos corpos hídricos. A literatura expõe que o calor específico da água é maior que o da terra, precisando a água absorver, cinco vezes mais energia calorífica para elevar sua temperatura em nível igual ao de uma massa de solo. Ayoade (1996:30), afirma que:

A transferência de calor na água se dá principalmente por convecção, um método mais eficiente e mais rápido de transferência do que o lento processo de condução, pelo qual o calor é transferido no solo. Assim, acredita-se que devido à baixa profundidade da Sapiranga ocorra uma transferência de calor por convecção mais acelerada, diminuindo o tempo de aquecimento da água, que logo excede sua capacidade térmica, ainda pela manhã.

3 – As características do Centro, na área da coleta de dados, é mais um elemento que não se descarta nessa análise. A pavimentação em pedra portuguesa clara (aumentando o índice de albedo). A arborização presente na praça juntamente com um corredor de vento, canalizado pelos edifícios do Teatro e do INPHAN, forma um conjunto de fatores que favorecem a amenização da temperatura do ar, contribuindo para um estado não muito alarmante dos extremos térmicos encontrados nessa área. Dessa forma, acredita-se que as propriedades termodinâmicas dos materiais que compõem a área próximo ao ponto do Centro em oposição as propriedades ambientais e de construção da estação da Lagoa, contribuíram para a ocorrência das magnitudes térmicas obtidas nessa área.

4 – Uma outra hipótese a ser considerada, se refere à calibragem e manuseio dos instrumentos de coleta. Essa é a menos cogitada para a explicação da situação térmica encontrada pelo estudo, isso por que: 1) houve uma calibragem e homogeneidade nos artefatos de observação e 2) apesar das dificuldades com a constituição da equipe de campo essa se apresentou quase sempre uniforme, tendo os voluntários participado de encontros que visavam a prática das técnicas de obtenção dos elementos climáticos.

Cabe salientar que antes da realização do episódio de 24 horas (experimento IV – 17/18 de março de 2005), acreditava-se que o Centro oferecia uma condição de estabilidade térmica nas últimas horas da madrugada e início da manhã, já que havia liberado toda radiação térmica armazenada em suas estruturas durante a noite e madrugada. Entretanto os perfis de 24 horas do experimento IV e X revelaram uma situação um pouco diferenciada desta, observando as Figuras 2 e 3 nota-se diferenças termais significativas no Centro entre 2h e 7h da manhã para o experimento IV (março/2005), já o experimento X mostra variações baixas e nulas entre as áreas.

## Referências Bibliográficas

- AYOADE, Introdução à climatologia para os trópicos. São Paulo : DIFEL,1996.
- FORTALEZA. Plano Diretor de Drenagem Urbana de Fortaleza. AUMEF: Prefeitura Municipal de Fortaleza,1978.
- \_\_\_\_\_. Urbanização das lagoas da Sapiranga e Precabura- Projeto Parque Metropolitano: estudo preliminar. Fortaleza: AUMEF/ Prefeitura Municipal de Fortaleza,1979.
- MONTEIRO.C. A. F. Análise Rítmica em Climatologia : problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Série Climatologia nº1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP,1971
- \_\_\_\_\_. Teoria e Clima Urbano. Série Teses e Monografias nº25. São Paulo:Instituto de Geografia/USP, 1976.
- \_\_\_\_\_. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. In: Revista GEOSUL 9. Florianópolis: Editora da UFSC, 1990. p.61-79.
- \_\_\_\_\_.Clima e Excepcionalismo (Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico). Florianópolis: Editora UFSC,1991.
- MOURA, M.O;SALES,M.C.L. Monitoramento do microclima urbano de Fortaleza-CE. In: Simpósio Internacional de Climatologia. Fortaleza:SBMET/FUNCEME,2005.CD-ROM.
- MOURA, M.O;SALES, MCL. Análise das condições microclimáticas em duas áreas representativas de Fortaleza.In: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.São Paulo,2005. CD-ROM.
- MOURA, M.O, et al. Os ambientes lênticos em Fortaleza-CE-análise da evolução dos parâmetros limníticos e os aspectos socioambientais do complexo hídrico Sapiranga-Coité. Anais do 57ª Reunião Anual da SBPC. Fortaleza: UECE, 2005.
- MOURA, M..O. Os Microclimas Urbanos de Fortaleza: ritmos episódicos em duas áreas representativas da Cidade. (Relatório de Graduação em Geografia). Fortaleza: Curso de Bacharelado em Geografia/UFC, 2006.168p.
- XAVIER, T. de Ma. B.S..Alterações climáticas urbanas em Fortaleza/CE. In: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia. Campos do Jordão: SBMET, 1996.
- \_\_\_\_\_. “Tempo de Chuva”- estudos climáticos e de previsão para o Ceará e o Nordeste Setentrional. Fortaleza: ABC Editora,2001. 478p.