

**OS CONTRASTES TÉRMICOS E HIGROMÉTRICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA/CE.**

**THE THERMAL AND HYDROGENIC CONTRATS IN THE METROPOLITAN REGION OF FORTALEZA**

João Paulo Matias Paiva  
Doutorando em Geografia  
Universidade Federal do Ceará  
jpaulomatias@hotmail.com

Lorena Cavalcante Lima de Freitas  
Doutoranda em Geografia  
Universidade Federal do Ceará  
lorena\_aquiraz@hotmail.com

**RESUMO**

Esta pesquisa foi realizada na Região Metropolitana de Fortaleza, especificamente no bairro Conjunto Ceará, em Fortaleza e no distrito Sede, em Aquiraz. Pretendeu conhecer a dinâmica climática dessas áreas sob o nível termodinâmico do Sistema Clima Urbano de Monteiro. Tendo como objetivo geral diagnosticar as diferenças térmicas e higrométricas, em condições diferentes de uso e ocupação do solo associados a dinâmica climática, percebendo como estas se refletem no conforto térmico, em escala microclimática. O trabalho foi realizado em pontos experimentais que apresentam uso e ocupação diferenciados. As coletas de dados ocorreram em dias representativos de períodos sazonais contrastantes, chuvoso e seco em Aquiraz, e seco em Fortaleza. Os pontos de coleta de dados com intensa dinâmica urbana e densidade de construções foram os que apresentaram maior desconforto térmico, já os pontos mais arborizados proporcionaram umidade relativa mais elevada e temperaturas mais baixas, conseqüentemente condições favoráveis ao conforto térmico. Os resultados obtidos demonstram também a interferência da dinâmica climática dos períodos sazonais em que foram mensurados. Conclui-se, portanto, que características de uso e ocupação do solo são responsáveis pela diferenciação microclimática, gerando áreas de conforto térmico e outras não.

**Palavras-chave:** contrastes térmicos e higrométricos, conforto térmico, Região Metropolitana de Fortaleza

**ABSTRACT**

This research was conducted in the metropolitan area of Fortaleza, taking as a study area the Conjunto Ceará neighborhood, in Fortaleza and its county, in Aquiraz. It intended to figure out the climate dynamics of these areas under the thermodynamic level of the Urban Climate System of Monteiro. ~~Its main goal~~ is to diagnose the thermal and hygrometric differences under different conditions of use and occupation of the land (which are associated with climate dynamics), realizing

how these are reflected in the thermal comfort, in microclimate scale. The work was performed in experimental points that present different urban dynamic and geocology characteristics. Data collection occurred in representative days of contrasting seasonal periods: rainy and dry in Aquiraz, and dry, only, in Fortaleza. The results obtained, demonstrate the climate dynamics of seasonal periods in which they were measured, and the atmospheric circulation systems were key factors in the behavior of climatic attributes. The thermal and hygrometric contrasts observed were significant to the reality of the urban core of the county. The data collection points with intense urban dynamic and building density were those with the highest temperatures, and the most forested points were those with lower temperatures, higher humidity and consequently, favorable conditions for thermal comfort.

**Keywords:** thermal and hygrometric contrasts, thermal comfort, the metropolitan area of Fortaleza

## **INTRODUÇÃO**

A cidade, sendo um espaço expressivo da relação homem x natureza, tem manifestado ao longo do tempo problemas diferenciados no que diz respeito à qualidade ambiental e de vida de seus habitantes. É inegável que a ação do homem e os processos decorrentes de sua organização social, têm gerado, inclusive, no ambiente urbano, alterações como soterramento de ambientes lacustres, impermeabilização do solo e utilização de diversos materiais para construção que muitas vezes alteram o comportamento climático.

É neste sentido que a dinâmica populacional da cidade, com a concentração e desenvolvimento das mais variadas atividades e serviços faz com que o ambiente urbano se configure como uma esfera natural retrabalhada ao modo do viver humano (MONTEIRO, 2003).

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) insere-se nesse processo uma vez que é possível identificar em seu sítio urbano problemas de degradação e descaracterização dos componentes naturais. A poluição do ar, as inundações e ilhas de calor são alguns dos problemas ambientais que as cidades da região enfrentam devido, entre outros fatores, ao crescimento desordenado e a negligência dos setores competentes no que diz respeito à um planejamento urbano eficiente. As alterações climáticas da área ganham feições relevantes

quando se consideram estas em sua influência direta com a qualidade ambiental urbana.

As pesquisas de Clima Urbano já são bastante consolidadas em cidades de grande porte uma vez que são nesses ambientes que se observam de maneira mais evidente os problemas climáticos. Porém, torna-se necessário o estudo do clima não só em grandes cidades, mas também em cidades médias e pequenas por também já apresentarem alterações climáticas significativas. É nesse contexto, que o presente artigo analisa o comportamento climático, no que se refere aos contrastes térmicos e higrométricos, de um conjunto habitacional da cidade Fortaleza e do distrito Sede de Aquiraz, cidade integrante da RMF.

No caso de Fortaleza, a cidade se expandiu, dentre outros processos, com a construção de conjuntos habitacionais que surgiram, muitos dos quais, com a relocação de moradores de outras áreas tendo o objetivo de reduzir a problemática habitacional e “melhorar” as condições de moradia. No entanto, muitos desses espaços foram construídos sem se levar em conta estudos das condições naturais, implantação de infraestrutura e etc., causando um crescimento desordenado. Atualmente, esses conjuntos habitacionais apresentam uma densidade populacional considerável e um grande número de atividades, alguns deles chegando a ser pólos de serviços com relação a bairros vizinhos. Essas características podem influenciar o comportamento das variáveis climáticas locais, embora já não se possa afirmar isto numa escala regional.

Quanto a Aquiraz, pequena cidade integrante da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), já se verifica diversificação de uso e ocupação do solo, principalmente, no distrito Sede, onde se concentram os equipamentos urbanos que atendem a todo o município, como hospitais, terminais de ônibus, bancos, estádios, entre outros.

O objetivo principal desse trabalho foi analisar os contrastes térmicos e o conforto humano na escala microclimática na Região Metropolitana de Fortaleza, tomando como área de estudo o Conjunto Ceará em Fortaleza (grande cidade) e a cidade de Aquiraz (pequena cidade). O comportamento climático identificado na área de estudo foi correlacionado com os padrões de uso e ocupação do solo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para analisar os contrastes térmicos e higrométricos, bem como o conforto térmico na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), foi utilizada a técnica das estações meteorológicas fixas sob a perspectiva do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976; 2015) no bairro Conjunto Ceará em Fortaleza e na cidade de Aquiraz.

As estações fixas constituem o método mais simples e comum para analisar a ocorrência de ilhas de calor nas cidades. Como nem sempre, as cidades possuem uma densa rede de estações meteorológicas, pode-se utilizar estações fixas suplementares que deverão coletar, no mínimo, temperatura, umidade, velocidade e direção dos ventos (GARTLAND, 2010). Como forma de aplicar a referida técnica na RMF, optou-se pelo bairro Conjunto Ceará, situado na porção sudoeste de Fortaleza, e a cidade de Aquiraz, com o objetivo de conhecer a dinâmica climática dessas áreas sob o nível termodinâmico do S. C. U. de Monteiro (1976; 2003).

Na utilização de estações fixas suplementares, a questão que se impõe a priori é a localização dessas na área de estudo. Para isso, foi realizado o levantamento cartográfico no sentido de classificar a área em setores de urbanização com relativa homogeneidade.

As condições microclimáticas do conjunto habitacional em Fortaleza foram analisadas em 5 pontos distintos (Figura 1) que apresentam estrutura/dinâmica urbana e condições geológicas diferenciadas e são representativos para a área do conjunto. Os padrões de ocupação do solo nas áreas amostrais foram classificados em quatro categorias, sendo elas: área edificada, subdividida em edificações de 1, 2 e 3 pavimentos; via asfaltada e via não asfaltada; área vegetada, com vegetação arbórea e vegetação gramínea; área não edificada e outros usos. No que se refere ao uso e ocupação, os pontos de coleta são caracterizados como: área comercial (Ponto 1: Avenida Central); terminal de ônibus (Ponto 2: Terminal); área residencial com vegetação densa e vias não asfaltadas (Ponto 3: Rua 319); área residencial com pouca vegetação e vias asfaltadas (Ponto 4: Rua 448); área de construções esparsas com vegetação arbórea e arbustiva (Ponto 5: Centro de Saúde Maciel de Brito).

## Os contrastes térmicos e higrométricos na região metropolitana de Fortaleza/CE.

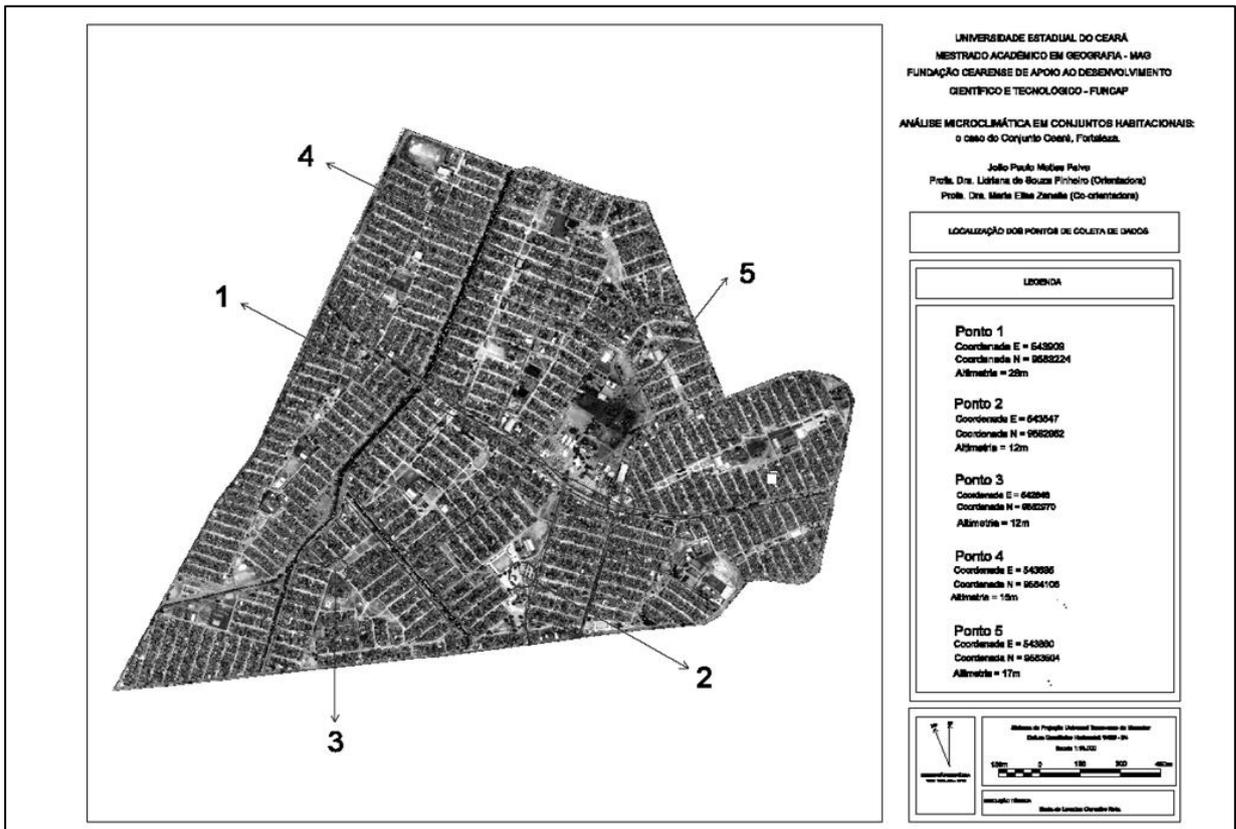


Figura 1: Mapa de Localização das Estações Microclimáticas no Conjunto Ceará. Fonte: Paiva, 2010.

Na cidade de Aquiraz, assim como no Conjunto Ceará foram analisados pontos que se diferenciam no tocante ao uso e ocupação do solo, sendo eles: área comercial (ponto 1 – Banco do Brasil); lazer (ponto 2 – Praça das flores); área residencial (ponto 3 – Centro de especialidades médicas) e área verde (ponto 4 – Colonial). Ver Figura 02.

A coleta de dados foi realizada em medições simultâneas realizadas nos horários de 6, 9, 12, 15, 18 e 21 h que correspondem à 9, 12, 15, 18, 21, 00 GMT respectivamente.. A realização das leituras nesses horários se justifica por representarem as variações do tempo atmosférico no decorrer do dia, em condições atmosféricas estáveis. No Conjunto Ceará, o experimento ocorreu no dia 23/10/2009 que corresponde ao período seco do Estado do Ceará. Na cidade de Aquiraz, o experimento ocorreu nas datas: 16 de abril de 2011, correspondente ao período chuvoso; 20 de agosto de 2011, correspondente ao período seco com forte intensidade dos ventos; 26 de novembro de 2011, representativo do período seco com fraca intensidade dos ventos

## Os contrastes térmicos e higrométricos na região metropolitana de Fortaleza/CE.

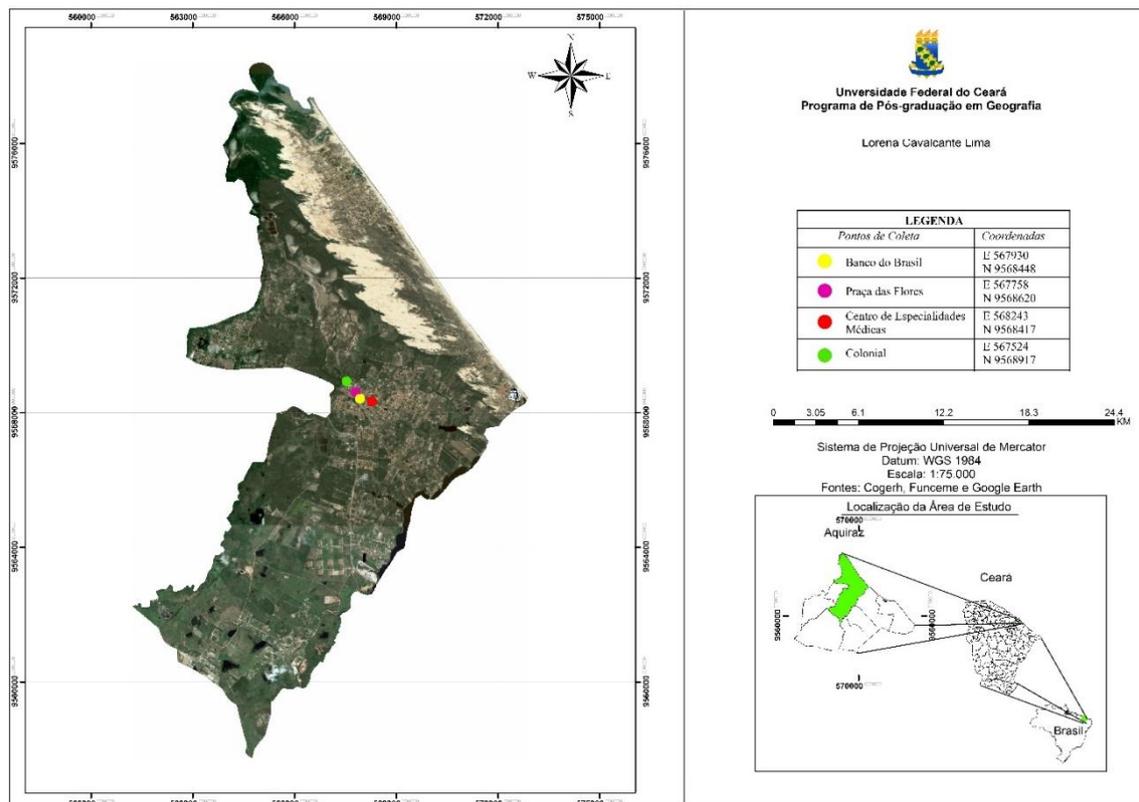


Figura 02 – Mapa de Localização das Estações Microclimáticas no distrito Sede de Aquiraz. Fonte: Freitas, 2012.

Foram coletados os seguintes dados climáticos: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos e nebulosidade, e dados de natureza urbana como fluxo de veículos e pessoas nos pontos de coleta. A dinâmica atmosférica foi representada pelas Cartas de Pressão ao Nível do Mar do Departamento de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha do Brasil nos horários de 12 GMT (9 horas local) e 00 GMT (21 horas local) e pelas imagens do satélite GOES-10, no canal infravermelho, fornecido pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CPTEC/INPE (<http://www.cptec.inpe.br/>) para cada horário das medições.

Para a coleta de dados em cada um dos pontos estabelecidos foram utilizados: psicrômetro giratório; fitas (nº 1), com 20 cm de comprimento e bússola, para determinar a direção do vento; tabelas com a Escala Beaufort; tabelas psicrométricas e tabelas com a indicação da simbologia da nebulosidade.

A temperatura do ar (°C) foi obtida a partir do bulbo seco do psicrômetro. A leitura psicrométrica, dada pela diferença entre os termômetros de bulbo seco e úmido, foi registrada girando o aparelho por dois minutos seguidos de mais um minuto aguardado em sombra antes da leitura (MOURA, 2006).

Para a obtenção dos dados de velocidade do vento foi utilizada a escala de Beaufort. Essa escala avalia e classifica a velocidade do vento a partir da observação direta de elementos da paisagem como movimento das folhas de árvores e etc. Trata-se, portanto, de uma técnica empírica muito útil quando não se dispõem de instrumentos como anemômetros.

A direção dos ventos foi obtida a partir da fita métrica tendo ainda como auxílio a bússola. Para a nebulosidade foi levada em consideração a okta, uma unidade de medida usada na meteorologia para descrever a cobertura de nuvens. A nebulosidade é expressa pelo número de oitavas partes que cobrem o céu. (Vianello e Alves, 1991).

Como forma de se discutir as possíveis influências da urbanização na dinâmica microclimática urbana, o fluxo de veículos e pessoas foi quantificado no mesmo intervalo de tempo em que o psicrômetro esteve registrando a temperatura do ar, tempo este que corresponde a 1 (um) minuto.

Os dados climáticos coletados em campo foram organizados em gráficos para melhor se perceber os contrastes identificados na realidade intraurbana.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Os contrastes térmicos e higrométricos no bairro Conjunto Ceará em Fortaleza.**

A partir da metodologia aplicada foi possível identificar que os contrastes térmicos e higrométricos (tabela 01 e 02) no bairro Conjunto Ceará evidenciaram-se, no período diurno, de forma mais significativa no contexto interurbano quando comparados com o intraurbano. As diferenças térmicas (Tabela 01) entre os pontos analisados mantiveram-se quase que constantes durante as duas medições da manhã, registrando um contraste da ordem de 1,5 °C. O ponto 1 (Avenida Central) registrou a maior temperatura nas medições das 6 e 9 h, apresentando valores de 26 °C e 31,5 °C, respectivamente. Os menores valores

*Os contrastes térmicos e higrométricos na região metropolitana de Fortaleza/CE.*

de temperatura encontrados para estes mesmos horários foram registrados no ponto 3 (24,5 °C) às 9 h e nos pontos 2 e 4 (30 °C) na medição das 9 h.

Já os contrastes higrométricos (Tabela 02) são mais expressivos na realidade urbana do que no contexto campo-cidade no período da manhã. Às 6 h, foi registrada uma diferença de 23 % para a primeira e 7,2% para a segunda. Às 9 h é registrado um valor negativo (-16,6 %) para o contexto interurbano (Plataforma de Coleta de Dados - PCD - de Caucaia, município vizinho à área de estudo), enquanto que na área de estudo as diferenças mantêm-se na ordem de 11 %. Os valores extremos de umidade relativa foram encontrados nos pontos 3, 4 e 5 (84 %) no horário das 6 h. No ponto 2, às 6 h, verifica-se umidade relativa de 61 % e, às 9h, 65 %, evidenciando o comportamento inverso da umidade em relação a temperatura.

A velocidade do vento, segundo a escala Beaufort, apresentou variação de 1,1 m/s a 6,3 m/s durante a manhã, sendo o primeiro valor identificado em quase todos os pontos no horário das 6 h, com exceção do ponto 4 onde foi registrado uma velocidade de 2,5 m/s (Aragem). As diferenças nos fluxos de ar tornam-se mais visíveis as 9 h, sendo no ponto 4 onde o vento continua com maior velocidade (6,3 m/s), seguido pelos pontos 3 (4,3 m/s a 6,3 m/s), ponto 1 e 5 (2,5 m/s) e o ponto 2 registrando o menor valor (1,1 m/s). As condições de conforto apresentaram relação com os fluxos de ar, por ser o vento um fator de influência direta no conforto térmico.

Experimento do dia 23/10/2009			
HORA	Local / Maior temperatura (°C)	Local / Menor Temperatura (°C)	Contrastes Térmicos Intra-Urbanos (°C):
06:00	Ponto 1: 26 °C	Ponto 3: 24,5 °C	1,5 °C
09:00	Ponto 1: 31,5 °C	Pontos 2 e 4: 30 °C	1,5 °C
12:00	Ponto 2: 35 °C	Ponto 4: 31 °C	4 °C
15:00	Ponto 1: 32,5 °C	Ponto 3: 30 °C	2,5 °C
18:00	Ponto 2: 28 °C	Ponto 3: 26,5 °C	1,5 °C
21:00	Ponto 4: 27 °C	Ponto 2: 25 °C	2 °C

Tabela 01 - Contrastes térmicos no bairro Conjunto Ceará. Fonte: Paiva, 2010

*Os contrastes térmicos e higrométricos na região metropolitana de Fortaleza/CE.*

Experimento do dia 23/10/2009			
HORA	Local / Maior temperatura (°C)	Local / Menor Temperatura (°C)	Contrastes Térmicos Intra-Urbanos (°C):
06:00	Ponto 1: 26 °C	Ponto 3: 24,5 °C	1,5 °C
09:00	Ponto 1: 31,5 °C	Pontos 2 e 4: 30 °C	1,5 °C
12:00	Ponto 2: 35 °C	Ponto 4: 31 °C	4 °C
15:00	Ponto 1: 32,5 °C	Ponto 3: 30 °C	2,5 °C
18:00	Ponto 2: 28 °C	Ponto 3: 26,5 °C	1,5 °C
21:00	Ponto 4: 27 °C	Ponto 2: 25 °C	2 °C

Tabela 02: Contrastes higrométricos do bairro Conjunto Ceará. Fonte: Paiva, 2010

De acordo com o Diagrama do Conforto Térmico (INMET, 2010) às 6 h os pontos 1 e 2 apresentam condições de conforto enquanto que nos pontos 3, 4 e 5 são registradas condições de muita umidade, embora apresentem pequena variação de temperatura em relação aos dois primeiros pontos. Às 9 h há uma necessidade de vento para conforto em todos os pontos. Já o Índice de Temperatura Efetiva (Te) indica todos os locais como Zona de Conforto às 6h, situação esta que se inverte às 9 h em que o Estresse ao Calor predomina em todas as áreas. As condições de Estresse ao Calor permanecem em todos os pontos durante o período diurno do experimento.

Quanto aos atributos de natureza urbana, os pontos 1 e 2 apresentam a tendência de serem os locais de maior fluxo de veículos e pessoas da área de estudo. Nesses pontos ocorreu um fluxo de 11 (ponto 2) e 7 (ponto 1) veículos por minuto e um fluxo de 60 (ponto 2) e 9 (ponto 1) já no primeiro horário da manhã em função dos equipamentos urbanos presentes nestas áreas. No ponto 3, durante a manhã, não foi registrado fluxo de veículos e o fluxo de pessoas foi inexpressivo. O ponto 4, embora tenha apresentado fluxo reduzido de veículos, registra, no entanto, fluxo considerável de pessoas durante as medições da manhã (6h: 10 pessoas/minuto; 9h: 25 pessoas/minuto). Nas primeiras medições do experimento os atributos decorrentes da funcionalidade urbana não se configuraram como fatores de primeira ordem na variação dos dados climáticos.

Ao meio-dia, início do período vespertino, se dá o momento da mais intensa radiação solar, processo esse acompanhado também da liberação de calor pelas estruturas urbanas devido ao armazenamento de energia ocorrido pela manhã.

Neste período do experimento são verificados os maiores contrastes térmicos no contexto intraurbano. As diferenças ocorrem na ordem de 4 °C (12h) e 2,5 °C (15h). O ponto 2 registra, às 12h, a maior temperatura (35 °C) verificada nos dois experimentos da pesquisa seguido pelo ponto 3 (32,5 °C). O comportamento térmico no ponto 3, em apresentar altos valores de temperatura nas primeiras medições, pode ser explicado pelo fato de que áreas livres de construções e/ou com um maior espaço entre estas se aquecem mais rapidamente e também devolvem de forma mais rápida o calor absorvido para a atmosfera (VIANA, 2006). Às 15 h, o ponto 1 assume a maior temperatura (32,5 °C) para este horário, sendo seguido pelo ponto 4 (32 °C). Ao contrário do ocorrido na manhã, as diferenças térmicas interurbanas são menores do que as da realidade intraurbana. Os contrastes da temperatura, neste caso, variaram em torno de 2,4 °C (12 h) e 1,4 °C (15 h).

Já os contrastes higrométricos interurbanos apresentaram cotas mais elevadas às 15 h (12,6 %) do que os da realidade intraurbana (4 %) neste mesmo horário. Ao meio dia, no entanto, o processo se deu de forma contrária registrando uma diferença de 3,8 % entre campo-cidade e 14 % dentro da área de estudo.

O fluxo de ar permanece, no período da tarde, variando de 1,1 m/s a 6,3 m/s. O ponto 2 mantém-se como o local de mais baixa velocidade do vento, enquanto que o ponto 3 permanece com a tendência em apresentar valores mais elevados (4,3 m/s – 15 h a 6,3 m/s – 12 h). Esta característica pode ser explicada pela maior largura da rua, o que pode permitir o fluxo do ar sem obstrução pela rugosidade da superfície urbana.

As condições de conforto indicam, pelo diagrama do Conforto Térmico (INMET), uma predominância da Necessidade de Vento para Conforto, exceção apenas no ponto 2 às 12 h e no ponto 1 às 15 h onde foi registrada zona Muito Quente. Nesses mesmos pontos foram registradas as maiores temperaturas e os menores valores de umidade relativa já expostos anteriormente. A velocidade do vento, nestes casos, não foi capaz de amenizar as condições de desconforto térmico.

No que se refere ao fluxo de veículos, às 15 h foi identificado, no ponto 1, o mais intenso fluxo do experimento representado por 30 veículos/minuto. Vale

ressaltar que o Ponto 1 também apresentou o maior fluxo registrado para o horário do meio dia (18 veículos/minuto). No ponto 2, embora o movimento de veículos pareça menor, ressalta-se que esses veículos permanecem dentro do Terminal em pleno funcionamento, o que se traduz em liberação de calor pela queima de combustível dos ônibus. Essa característica, associada também ao grande fluxo de pessoas e à estrutura física do terminal de ônibus, explica a elevação da temperatura nesta área, sobretudo no período da tarde e da noite.

Quanto ao fluxo de pessoas, no ponto 2 (Terminal) são registrados fluxos elevados de 50 e 30 pessoas/minuto às 12h e 15 h respectivamente, por serem horários considerados de “pico” dentro da área. Os pontos 1 e 4 apresentam também tendência de valores elevados enquanto que o ponto 3 configura-se como o local de menor fluxo durante todo o experimento.

No período noturno as condições térmicas e higrométricas são decorrentes principalmente da modificação do balanço de radiação, representada, sobretudo, pela emissão para a atmosfera do calor que foi armazenado durante o dia pelos materiais e superfícies urbanas.

O processo de resfriamento da superfície urbana por ser mais lento do que o ocorrido na zona rural, pode ainda influenciar nas primeiras horas do dia seguinte, conforme verificou Viana (2006) ao estudar a cidade de Teodoro Sampaio em São Paulo.

Na área de estudo, os contrastes térmicos intraurbanos assumem os valores variando de 1,5 °C (18 h) a 2 °C (21 h) e sendo mais elevados do que no contexto interurbano (-2,5 °C às 18 h e 0,6 °C às 21 h). As diferenças higrométricas entre o Conjunto Ceará e a PCD de Caucaia, no entanto, foram mais elevadas (25,8 % às 18 h e 31,2 % às 21 h) do que as diferenças verificadas dentro da área de estudo (7 % às 18 h e 23 % às 21 h).

O ponto 2 (Terminal) devido provavelmente ao armazenamento de calor ocorrido durante o dia apresenta a maior temperatura para o horário das 18 h sendo esta 28 °C. Os demais pontos registram 27 °C, com exceção do ponto 3 (26,5 °C). Às 21 h, no ponto 4, registra-se a maior temperatura do horário (27 °C), enquanto que no ponto 2 verifica-se a menor temperatura (25 °C).

A velocidade do vento diminuiu em todos os pontos, com exceção do ponto 1 que manteve às 18 h valores semelhantes ao da tarde. O ponto 4 apresenta no

período noturno os maiores valores de fluxo de ar (2,5 m/s). Mesmo assim, há uma necessidade de vento para conforto no ponto 4, em virtude da temperatura ser elevada neste período. Somente nos pontos 3 e 5, o Diagrama de Conforto indica condições de conforto térmico. Pelo índice de Temperatura Efetiva (Te) todos os pontos encontram-se dentro da Zona de Conforto nas duas medições noturnas.

Fluxo bastante elevado de pessoas é registrado no ponto 2 (Terminal) durante as duas medições deste período (130 pessoas/minuto às 18 h e 40 pessoas/minuto às 21 h), seguido pelo ponto 4 (37 pessoas/minuto) e ponto 1 (16 pessoas/minuto). O fluxo no ponto 4 é representado pelo retorno da população residente dos locais de trabalho e estudo.

O período de maior aquecimento do conjunto habitacional ocorreu entre as medições de 9h e 15h no experimento realizado, em virtude de ser esse o momento de maior incidência de radiação solar sobre a superfície bem como também o período de devolução desse calor para a atmosfera.

Os contrastes térmicos se apresentaram de forma mais intensa no período da tarde e noite. No experimento, as diferenças encontradas na área de estudo foram de 2,5 °C às 15 h, tendo o ponto 1 como o local de maior temperatura, e de 4 °C ao meio-dia, desta vez sendo no ponto 2 a maior temperatura observada.

Com o trabalho, concluiu-se que a Avenida Central (Ponto 1) e o Terminal de Ônibus (ponto 2) apresentam a tendência em apresentar as maiores temperaturas na área do conjunto habitacional em virtude da concentração de equipamentos urbanos, comércios e serviços. As duas áreas são locais de intenso fluxo de veículos e pessoas na realidade urbana do bairro. Além disso, são setores que possuem uma estrutura urbana caracterizada por materiais que possuem alto poder de absorção de energia, como o asfalto utilizado no revestimento das vias do entorno dos pontos. A Avenida Central está localizada na porção central da área de estudo, local onde se concentram bancos, comércios e outros estabelecimentos de prestação de serviços. Já o Terminal tem a presença constante de ônibus em funcionamento e circulação de pessoas no seu interior. As características dessas áreas representam uma fonte geradora de calor no ambiente urbano, o que pode influenciar diretamente no comportamento microclimático observado na área de estudo.

### **Os contrastes térmicos e higrométricos em Aquiraz.**

O presente estudo realizou uma análise dos contrastes térmicos e higrométricos do distrito Sede de Aquiraz – CE em função da dinâmica climática e do uso e ocupação do solo, objetivando identificar áreas de conforto e/ou desconforto térmico. Para tal foram escolhidos quatro pontos de coleta de dados com características diferenciadas de uso e ocupação do solo, sendo eles:

Ponto 1 – o Banco do Brasil está situado na Rua Tibúrcio Targino, onde se concentra a maioria dos equipamentos urbanos e serviços. Nesse ponto há um intenso fluxo de veículos e pessoas, além de todas as ruas adjacentes serem pavimentadas com asfalto, o que ocasiona uma grande produção de calor.

Ponto 2 – a Praça das Flores se localiza entre as avenidas Virgílio Coelho e Santos Dumont. É uma praça relativamente arborizada, tendo seu uso voltado para o lazer. As ruas laterais são pavimentadas com asfalto e paralelepípedo.

Ponto 3 – o Centro de especialidades médicas se encontra nas coordenadas E 5668285 e N 9568330, na Rua Virgílio Coelho e constitui-se área residencial. Evidencia-se também um grande fluxo de veículos e pessoas, pois é rota de passagem tanto para o hospital quanto para o estádio municipal.

Ponto 4 – a Colonial se localiza nas coordenadas E 567671 e N 9568858, constituindo-se como uma área verde no que se refere ao conjunto da cidade. Não há pavimentação nas ruas e está próximo ao Rio Pacoti.

Como já citado anteriormente, o estudo ocorreu em períodos sazonais contrastantes, e como forma de visualizar os sistemas atmosféricos responsáveis por essas características sazonais, foram analisadas as condições sinóticas a partir de imagens do satélite GOES-12 (Figuras 03, 04 e 05).

*Os contrastes térmicos e higrométricos na região metropolitana de Fortaleza/CE.*

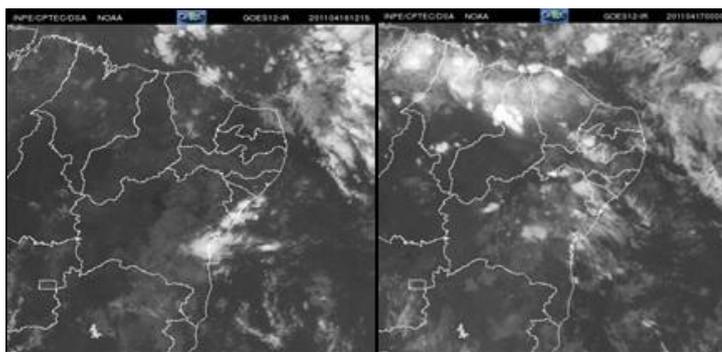


Figura 03- Compilação de imagens de satélite do primeiro experimento (16/04/2011 às 9h e 21h). Fonte – CPTEC/INPE

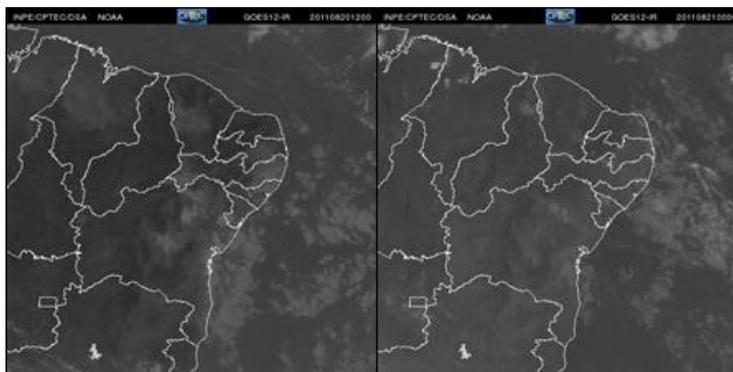


Figura 04 – Compilação de imagens de satélite do segundo experimento (20/08/2011 às 9h e 21h). Fonte: CPTEC/INPE

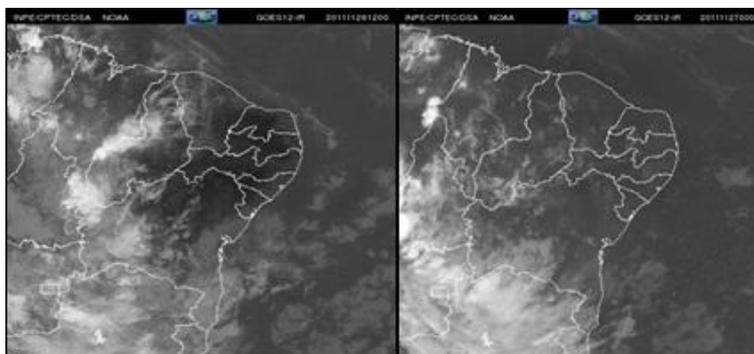


Figura 05 – Compilação de imagens de satélite do terceiro experimento (25/12/2011 às 9h e 21h). Fonte: CPTEC/INPE

A partir da interpretação das imagens acima, verifica-se que durante o primeiro experimento houve muita umidade e atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema atmosférico causador de chuva na área de estudo. No segundo, observa-se que a abóboda celeste esteve limpa, havendo forte influência dos ventos alísios. Durante o terceiro, houve atuação da Massa Equatorial do Atlântico Sul (LIMA, 2012).

É importante destacar as características climáticas de 2011, pois as referidas influenciaram diretamente o comportamento das variáveis coletadas em campo. A combinação da ZCIT associada aos eventos de La Niña e do Dipolo Negativo do Atlântico ocasionaram elevados totais pluviométricos na cidade de Aquiraz. Explicando os valores mais amenos de temperatura e os valores mais elevados de umidade relativa do ar, verificados no 1º experimento. É importante destacar que o Ceará enfrenta o quarto ano consecutivo de seca, tendo sido o ano de 2011, data de realização das coletas em Aquiraz-, o último ano considerado chuvoso.

Ainda como forma de evidenciar as possíveis influências da urbanização na dinâmica microclimática interurbana foram observados os movimentos referente ao fluxo de veículos e pessoas em todos os pontos de coleta, simultaneamente às demais medições. A seguir serão destacados os fatos e eventos de maior frequência, observados no decorrer da pesquisa.

O período de maior aquecimento do núcleo urbano do distrito Sede de Aquiraz ocorreu entre as medições de 9 h a 15 h nos três experimentos realizados, em virtude desse momento ser o de maior incidência de radiação solar sobre a superfície e, o período de emissão do calor retido para a atmosfera.

Quando é feita a correlação entre as temperaturas registradas nos três experimentos, observa-se que o primeiro apresentou, entre todos os outros experimentos, as mais baixas temperaturas até o meio dia, e as mais elevadas após este horário. Esse fato justifica-se pelas condições do tempo (abril/2011), uma vez que pela manhã, quando a superfície ainda está começando a se aquecer e há bastante nebulosidade, é comum serem registradas temperaturas mais amenas.

Porém a partir das 12h, o calor fica retido na atmosfera, pois a superfície já está aquecida e, além da nebulosidade há muita umidade no ar. Essa retenção acontece porque a nebulosidade e a umidade do ar não permitem a dissipação do calor, fazendo com que as temperaturas fiquem mais elevadas.

No 3º experimento a ocorrência foi diferente. Observou-se céu limpo e baixa umidade devido o sistema de alta pressão que se encontrava sobre o oceano Atlântico Sul. Assim, as características do tempo nesse experimento

*Os contrastes térmicos e higrométricos na região metropolitana de Fortaleza/CE.*

possibilitaram tanto o aquecimento mais rápido da superfície pela manhã quanto à dissipação mais rápida do calor à noite.

Os valores mais elevados de temperatura encontrados foram: 31,9 °C no ponto 1 às 15h (1º exp.); 31,4 °C ao meio dia no ponto 1 (2º exp.) e; 32 °C às 12h também no ponto 1 (3º exp.), como pode ser observado na tabela 03.

Tabela 03 - Síntese da temperatura verificada nos experimentos de campo

TEMPERATURA (°C) DO 1º EXPERIMENTO						
PONTO 1						
PONTO 2						
PONTO 3						
PONTO 4						
HORA	6	9	12	15	18	21
TEMPERATURA (°C) DO 2º EXPERIMENTO						
PONTO 1						
PONTO 2						
PONTO 3						
PONTO 4						
HORA	6	9	12	15	18	21
TEMPERATURA (°C) DO 3º EXPERIMENTO						
PONTO 1						
PONTO 2						
PONTO 3						
PONTO 4						
HORA	6	9	12	15	18	21

**Legenda:**

24,7°C – 26,7°C      26,8°C – 28,7°C      28,8°C – 30,7°C      30,8 – 32,7°C

Com relação aos contrastes térmicos (Tabela 04), foi identificado no 1º experimento uma variação de 3,3 °C às 15h. No 2º experimento, constatou-se um contraste de 3,2 °C também às 15h e, por fim, no 3º experimento houve uma variação de 2,1 °C ao meio dia. Em todos as três coletas, as mais elevadas temperaturas foram registradas no ponto 1 e as mais baixas no ponto 4.

Tabela 04 – Contrastes Térmicos e Higrométricos

<b>1º EXPERIMENTO</b>		
<b>HORA</b>	<b>Contrastes Térmicos (°C)</b>	<b>Contrastes</b>
6	2,0	7
9	2,2	7
12	2,5	8
15	3,3	9
18	2,3	10
21	1,9	14
<b>2º EXPERIMENTO</b>		
<b>HORA</b>	<b>Contrastes Térmicos (°C)</b>	<b>Contrastes</b>
6	1,0	3,0
9	1,7	6,0
12	2,4	5,0
15	3,2	8,0
18	1,8	8,0
21	0,9	8,0
<b>3º EXPERIMENTO</b>		
<b>HORA</b>	<b>Contrastes Térmicos</b>	<b>Contrastes</b>
6	1,7	7%
9	0,8	9%
12	2,1	6%
15	2,2	12%
18	0,9	4%
21	0,7	4%

Os pontos 1 e 3 registraram as mais elevadas temperaturas na área de estudo, em virtude da concentração de equipamentos urbanos, comércios e serviços. Os dois pontos são áreas de intenso fluxo de veículos e pessoas. Além disso, são locais que possuem uma estrutura urbana caracterizada por materiais que têm alto poder de absorção de energia, como o asfalto utilizado no revestimento das vias do entorno dos pontos. As características dessas áreas representam uma fonte geradora de calor no ambiente urbano, o que pode influenciar diretamente no comportamento microclimático da área em estudo.

O ponto 4 (Colonial) foi o que apresentou as mais baixas temperaturas em virtude das características do seu entorno: bastante vegetação, sem pavimentação asfáltica e sem movimento de veículos e pessoas. Enfatiza-se, então, a importância da arborização para efeitos de conforto térmico.

A umidade relativa do ar se manifestou inversamente proporcional à temperatura nos três experimentos. O 1º experimento foi o mais úmido, em virtude

*Os contrastes térmicos e higrométricos na região metropolitana de Fortaleza/CE.*

da atuação da ZCIT e o 2º foi o menos úmido justificando-se pela quantidade de ventos que carrega a umidade. Esse fato pode ser observado na tabela 05.

Tabela 05 - síntese da umidade (%) verificada nos experimentos de campo

1º EXPERIMENTO						
PONTO 1						
PONTO 2						
PONTO 3						
PONTO 4						
HORA	6	9	12	15	18	21
2º EXPERIMENTO						
PONTO 1						
PONTO 2						
PONTO 3						
PONTO 4						
HORA	6	9	12	15	18	21
3º EXPERIMENTO						
PONTO 1						
PONTO 2						
PONTO 3						
PONTO 4						
HORA	6	9	12	15	18	21

**Legenda:**

60% - 69%                      70% - 79%                      80% - 89%                      90% - 99%

Os ventos tiveram maiores velocidades no 2º experimento, em virtude dos ventos alísios associados às brisas. No que se refere à direção, no 1º experimento os ventos variaram bastante, não apresentando uma direção predominante. No 2º e no 3º experimento a direção variou entre leste e sudeste. Sendo o vento um dos elementos mais importantes no estabelecimento de conforto térmico.

Com relação ao conforto térmicos, o diagrama do INMET indicou, no 1º experimento, muita umidade para todos os pontos alguns momentos e em outros há de necessidade de vento para conforto. O 2º experimento, de acordo com esta mesma carta, revelou-se como o mais confortável de todos. Já no 3º experimento predominou a necessidade de vento para conforto. Já o índice Te indicou o 2º experimento como o mais confortável, pois houve a predominância de conforto e, nos demais experimentos, houve muitos momentos de estresse ao calor (ver tabela 06).

**Tabela 06:** Síntese do conforto térmico nos experimentos de campo

Escala Temperatura Efetiva (TE) do 1º experimento						
Ponto 1						
Ponto 2						
Ponto 3						
Ponto 4						
HORA	6	9	12	15	18	21
Escala Temperatura Efetiva (TE) do 2º experimento						
Ponto 1						
Ponto 2						
Ponto 3						
Ponto 4						
HORA	6	9	12	15	18	21
Escala Temperatura Efetiva (TE) do 3º experimento						
Ponto 1						
Ponto 2						
Ponto 3						
Ponto 4						
HORA	6	9	12	15	18	21

Legenda:



Stress ao calor (acima de 26° C) Zona de Conforto (21° a 26°C) Stress ao frio (abaixo de 22° C)

Por fim, as características dos pontos 1 e 3 que são intensa dinâmica urbana e fluxo de veículos, concentração de edificações com materiais que contribuem para o aumento do calor e vias asfaltadas influenciaram nas condições de conforto térmico, evidenciadas através do índice Te. Constatando-se, nos pontos citados, mais horários de desconforto térmico. Sugere-se para tais pontos como medidas mitigadoras: desconcentração da intensa dinâmica urbana, mais arborização e substituição do asfalto das vias por paralelepípedos.

O ponto 3 volta-se para o lazer da população e deveria oferecer condições de conforto, mas para isso é necessário, assim como nos pontos 1 e 3, mais arborização e substituição do asfalto das vias circundantes por paralelepípedos.

O ponto 4 é o mais arborizado e foi escolhido, propositalmente, para ressaltar a importância da vegetação quanto a amenização dos extremos climáticos.

## CONCLUSÃO

Verificou-se que em ambas as cidades houve contrastes térmicos e higrométricos em escala microclimática. Tal fato ocorreu em função das

diferenciações geoecológicas, do uso e ocupação do solo e dinâmica climática sazonal. Conclui-se, portanto, que independentemente do tamanho da cidade, se houver tais situações, acima mencionadas, haverá conforto/desconforto térmico.

Os pontos que estiveram localizados em áreas densamente construídas e pavimentadas com asfalto, apresentaram temperaturas mais elevadas e menor umidade relativa, uma vez que a temperatura é inversamente proporcional a umidade. E, conseqüentemente, foram os pontos mais desconfortáveis se comparados as áreas verdes.

Evidenciando-se, então, que a presença de cobertura vegetal em uma cidade é vital, pois sua fixação controla a radiação solar, a ação dos ventos e da chuva, a temperatura e umidade relativa e a poluição do ar; sua ausência é prejudicial ao conforto térmico humano, e as intervenções feitas pelos homens nas áreas urbanas geram ilhas térmicas (ilhas de calor e ilhas de frescor), alteração na ventilação e aumento de precipitação

Ressalta-se também a importância dos sistemas atmosféricos na repercussão dos dados coletados, sobretudo a atuação da Zona de Convergência Intertropical, que trouxe chuva e umidade para Aquiraz, no primeiro semestre do ano. E a atuação da Massa Equatorial do Atlântico Sul, em Fortaleza.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor - como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

IMAGENS DO SATÉLITE GOES – Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br>, acesso em 16/08/2015.

INMET. **Diagrama do conforto humano**. Disponível em: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso em: 16/08/2015.

LIMA, L.C. **O clima no espaço intra-urbano do distrito Sede de Aquiraz-ce na perspectiva termodinâmica: episódios sazonais contrastantes**. **Dissertação (Mestrado)**, Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFC, Fortaleza, 2012. 144p.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGOG/USP, 1976. 54p. (Série Teses e Monografias).

\_\_\_\_\_. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Revista Geosul**, v. 9, Florianópolis, 1990.

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

MONTEIRO, C. A. de F; MENDONÇA, F; ZAVATTINI, J. A.; NETO, J. L. S. **A Construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. Campinas: Alínea, 2015.

MOURA, M. O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFC, Fortaleza, 2008. 318p.

PAIVA, J. P. M. **Análise Microclimática em Conjuntos Habitacionais: o caso do Conjunto Ceará – Fortaleza/CE**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Geografia, UECE, Fortaleza, 2010. 150p.

VIANA, S.S.M. **Caracterização do Clima Urbano em Teodoro Sampaio/ SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, 2006. 190p.

VIANELLO, R. L.; ALVEZ, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa: UFV, 1991.