

OS CLIMAS DAS CIDADES BRASILEIRAS

**SÃO LUIS (MA), ARACAJU (SE), CAMPO GRANDE (MS),
PETRÓPOLIS (RJ), SOROCABA (SP), PENÁPOLIS (SP) E
PRESIDENTE PRUDENTE (SP)**



JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO
(Organizador)

Presidente Prudente
2002

JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO
(Organizador)

OS CLIMAS DAS CIDADES BRASILEIRAS:

SÃO LUIS (MA), ARACAJU (SE), CAMPO GRANDE (MS),
PETRÓPOLIS (RJ), SOROCABA (SP), PENÁPOLIS (SP) E
PRESIDENTE PRUDENTE (SP)

Universidade Estadual Paulista - UNESP
Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Climatologia

Presidente Prudente

2002

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
OS AUTORES	15
• O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DO CLIMA URBANO DE SÃO LUIS - MA RONALDO RODRIGUES ARAÚJO E JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO	21
• O CLIMA LOCAL DE ARACAJÚ - SE JOSEFA ELIANE SANTANA DE SIQUEIRA PINTO	43
• O CLIMA URBANO DA CIDADE DE CAMPO GRANDE - MS VICENTINA S. DA ANUNCIÇÃO E JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO	61
• O CLIMA URBANO DE PETRÓPOLIS - RJ: ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DAS CHUVAS DE VERÃO NAS ÁREAS DE RISCOS E NAS INUNDAÇÕES LUCY PINTO HACK	89
• O CLIMA DE SOROCABA - SP: ASPECTOS REGIONAIS, LOCAIS E URBANOS RENATO TAVARES	115
• O CLIMA URBANO DE PENÁPOLIS - SP: UM EPISÓDIO DE INVERNO LUCIANA TESSARI DA SILVA, JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI E MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM	145
• CARACTERÍSTICAS DO CLIMA URBANO DE PRESIDENTE PRUDENTE - SP MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM	165
• CONFORTO TÉRMICO EM PRESIDENTE PRUDENTE - SP ANDREA KOGA VICENTE, JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI E MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM	197

A cidade é a grande expressão geográfica da atualidade e sua importância espacial, demográfica e econômica vem aumentando em progressão geométrica, indicando que evoluímos em direção a um mundo cada vez mais urbano. Daí a importância do estudo das cidades para a Geografia.

A presente obra, "*O clima das cidades brasileiras*", reúne estudo de três capitais (São Luís-MA, Aracaju-SE e Campo Grande-MS), três cidades médias (Petrópolis-RJ, Sorocaba-SP e Presidente Prudente-SP) e uma pequena (Penápolis-SP). Apresenta resultados de pesquisas em cidades litorâneas, como as capitais maranhense e sergipana, ambas em ambiente estuarino, em outras bastante interiorizadas, como a capital do Mato Grosso do Sul e as quatro do interior da região Sudeste, uma na região serrana fluminense (Petrópolis), duas no oeste paulista e, finalmente, um exemplo em Depressão Periférica (Sorocaba), cobrindo, portanto uma vasta faixa do território brasileiro e representando uma contribuição expressiva para o conhecimento do clima urbano dos trópicos.

Tal variedade de domínios geográficos constitui um dos pontos positivos da obra, porque propicia a comparação entre os casos e as diferentes repercussões dos fenômenos de macro-escala em cada um dos exemplos. A comparação é um exercício necessário em trabalhos geográficos, proporcionando conclusões que outras disciplinas nem sempre logram realizar com êxito.

Dentro da temática do clima urbano, as análises em questão cooperam para o conhecimento das irregularidades pluviométricas, dos impactos ambientais, das questões relativas ao conforto térmico e modificações resultantes da expansão de áreas construídas.

Seus autores são nomes reconhecidos e integrantes da comunidade estudiosa da climatologia geográfica brasileira.

O trabalho é bem-vindo pois atende a um anseio dos pesquisadores do clima urbano e de todos os que se preocupam com o meio ambiente.

Saúdo a iniciativa do organizador da obra, Prof. João Lima Sant'Anna Neto, e manifesto minha satisfação em vê-la publicada, recomendando, com muito entusiasmo, sua leitura.

José Bueno Conti

Professor Titular

Departamento de Geografia

Universidade de São Paulo

SÃO PAULO, 7 DE MARÇO DE 2002

O processo de urbanização que a sociedade moderna tem experimentado desde o final da Revolução Industrial, pode ser considerado, como um dos mais impressionantes fenômenos da história de nosso planeta.

Para se ter uma idéia do crescimento demográfico e da urbanização mundial, basta lembrar que no início da era cristã, cerca de 250 milhões de pessoas habitavam o planeta. Foram necessários cerca de 16 séculos (por volta de 1750) para que a população dobrasse de tamanho atingindo, aproximadamente, 500 milhões de habitantes. Em apenas um século, de 1750 a 1850, a população mundial dobrou novamente quando superou o primeiro bilhão de pessoas. Nesta época, menos de 2% habitavam os centros urbanos.

Coincidência, ou não, foi exatamente a partir de 1850, ao final do período conhecido como a **pequena idade do gelo**, quando o planeta inicia nova fase de aquecimento das temperaturas, notadamente no hemisfério norte, que tanto o crescimento demográfico quanto a urbanização mundial se aceleraram como nunca antes havia ocorrido.

Em 1940, a população do planeta dobrou novamente, somando cerca de 2,3 bilhões de habitantes e cerca de 20% já vivia nas cidades. Na Europa e EUA, entretanto, mais de 50% da população já era urbana. Estimativas recentes da ONU apontam para mais de 6 bilhões de pessoas vivendo na Terra em 2000. A população urbana já representa mais de 50% do total sendo que, nos países desenvolvidos, ultrapassa 75%.

O significado que este processo de urbanização confere às transformações globais é dos mais complexos, pois é na cidade que os problemas ambientais mais se agravam. O uso intensivo do território urbano pela grande concentração de atividades humanas como a industrialização, os transportes e os serviços urbanos essenciais, (abastecimento de água e esgoto) provocam grande quantidade de poluentes no ar, degradação do solo e poluição da água.

A expansão das áreas urbanas provoca modificações significativas na paisagem natural. A substituição da vegetação por áreas construídas (cimento, concreto e alvenaria), a pavimentação

asfáltica das ruas, a concentração de parques industriais e o adensamento populacional (incluindo-se aí todas as atividades humanas inerentes à sua vida na cidade, como transporte, alimentação etc.), são responsáveis pelo aumento da temperatura nas cidades.

Esta elevação da temperatura nas áreas urbanas ocorre em função de vários fatores. A verticalização das construções, por exemplo, cria um verdadeiro "labirinto de refletores", em que a energia proveniente do sol é refletida pelos edifícios, aquecendo o ar. A diminuição da evaporação, por outro lado, ocorre pela redução de áreas verdes e canalização dos córregos, além da captura das águas pluviais, acarretando na atmosfera uma pequena capacidade de resfriamento do ar.

A energia antrópica, ou seja, aquela produzida pelo homem, também provoca aumento do calor, pois ela ultrapassa o balanço médio de radiação. Assim, o calor produzido pelo trânsito, pelas indústrias e pelas habitações eleva consideravelmente a temperatura do ar na cidade e reduz a umidade relativa, formando o que se convencionou denominar "ilha de calor".

A **ilha de calor** é um fenômeno típico das grandes áreas urbanizadas do mundo atual porque reflete as formas de intervenção do homem no meio ambiente urbano reconstruindo uma nova "atmosfera" sobre as cidades.

As condições climáticas existentes nas grandes áreas densamente urbanizadas são totalmente diferentes das áreas rurais circunvizinhas. Em geral, a temperatura é bastante superior, na cidade de São Paulo, por exemplo, pode chegar a cerca de 10°C a mais do que as áreas verdes localizadas fora da cidade.

A umidade relativa do ar tende a ser menor nas zonas mais ocupadas e construídas, o que provoca a existência de névoa seca que associada às elevadas taxas de poluição atmosférica, provoca grande desconforto térmico.

No inverno, quando estes fenômenos ocorrem sob baixas temperaturas produzem as inversões térmicas, em que o ar aquecido na cidade pelas atividades humanas é bloqueado por uma camada de ar mais frio de altitude e, não conseguindo subir, (que seria o normal), acaba por aprisionar as partículas em suspensão (poeira e poluição) junto à superfície, provocando os piores episódios da qualidade ambiental urbana.

Por outro lado, as altas temperaturas de verão fazem com que o ar quente ascendente (por causa do acréscimo do calor urbano) e o aumento dos núcleos de condensação (pelo grande acúmulo de poluentes na atmosfera) podem provocar elevação da pluviosidade.

Este aumento das chuvas urbanas acontece principalmente nas áreas mais densamente ocupadas, onde cada vez mais tem sido comum a ocorrência de enchentes de grandes magnitudes.

Um dos exemplos mais marcantes da influência do homem, através da construção das grandes metrópoles, nas alterações e mudança do clima, pode ser resumido pela existência do fenômeno da **ilha de calor**, que na cidade de São Paulo foi responsável, inclusive, pela diminuição da famosa **garoa** e da **neblina** tão típicas da capital paulista em décadas passadas. Se já não há mais dúvida a respeito da existência de um calor antrópico urbano, por outro lado, ainda permanecem polêmicas as afirmações sobre o grau de influência que este aumento da temperatura nas cidades pode desempenhar no aquecimento global.

O fato é que, a maior parte das estações meteorológicas de onde se obtém as séries temporais analisadas se encontram em áreas urbanas, fortemente influenciadas pelas características de aumento do albedo e aumento da temperatura. Entretanto, estudos recentes têm demonstrado que em áreas rurais e mesmo sobre os oceanos, ainda não há evidências de aumento significativo e persistente das temperaturas.

Considerando que todas as áreas urbanas, em conjunto, não chegam a somar 1% da superfície total do planeta, qual seria o grau de comprometimento do calor antrópico urbano no aquecimento global?

Há que se ressaltar, todavia, que se em área ocupada, o espaço urbano ainda é restrito, entretanto, é neste espaço que vive mais de 50% da população mundial. E este fato significa uma série de modificações no meio ambiente urbano, responsável pelo desencadeamento de processos naturais e dinâmicos, que tem afetado a qualidade de vida das suas populações.

Assim, mesmo considerando que nas regiões tropicais, as influências provocadas pelo aquecimento global são menos significativas que no mundo temperado, já há estudos que tem demonstrado as características deste processo.

Não são apenas as grandes metrópoles que tem sofrido modificações em seus climas locais. Estudos recentes demonstram que

mesmo em cidades de pequeno porte, já há indícios de alterações no comportamento da temperatura, da umidade relativa e de outros elementos que caracterizam os climas urbanos.

No caso do clima das cidades brasileiras, tema central desta obra coletiva, muitos aspectos interessantes são apontados pelos autores, sobre as características deste processo em áreas tropicais.

Com o objetivo de contribuir para o melhor conhecimento do meio ambiente urbano e da qualidade de vida nas cidades, trazemos ao público um pouco do que tem sido pesquisado, no âmbito da Geografia, a respeito dos climas urbanos no Brasil. É um esforço modesto, porém, que esperamos trazer a tona algumas considerações que possam auxiliar na compreensão deste, que tem sido um dos grandes dilemas da humanidade, neste início de século.

Cerca de 75% da população brasileira, segundo dados recentes do IBGE, vivem nas áreas urbanas do Brasil. Em geral, sofrendo graves problemas de ordem ambiental e, derivadas dos eventos provocados pela dinâmica climática. Isto, por si só já justificaria este esforço em contribuir para uma leitura geográfica do clima nas cidades.

Assim, procuramos reunir nesta obra, resultados de pesquisas sobre estudos do clima local e urbano, de várias regiões geográficas do país e representadas por cidades dos mais variados portes.

Iniciamos esta obra com um artigo sobre o processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luís do Maranhão, cidade de grande porte localizada em plena região equatorial e que sofre forte influência oceânica, por sua posição geográfica, na zona costeira do golfo maranhense. Este estudo, resultado de uma dissertação de mestrado de Ronaldo Rodrigues Araújo, orientado por João Lima Sant'Anna Neto, demonstra que mesmo nestas latitudes, as características da temperatura e umidade intra-urbanas são muito relevantes.

A seguir, o texto de Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto, sobre o clima local de Aracaju, capital do estado de Sergipe, em pleno litoral oriental nordestino, controlado pelos constantes fluxos de ar dos alísios elucida, com bastante propriedade, como a variabilidade das chuvas em sua extrema irregularidade temporal tem provocado episódios adversos e calamidades freqüentes em sua área urbana.

No contexto da área de influência do clima tropical do centro oeste brasileiro, o clima urbano de Campo Grande, capital de Mato

Grosso do Sul foi analisado numa dissertação de mestrado por Vicentina Socorro da Anunciação e orientado por João Lima Sant'Anna Neto. Este artigo trata da configuração das características termo-higrométricas, a partir de dados de amostragem de postos fixos instalados nos vários setores da área urbana, relacionando-os com os tipos de tempo locais derivados da circulação atmosférica.

O artigo seguinte, de Lucy Pinto Hack, aborda os efeitos das chuvas concentradas e dos episódios calamitosos de verão em Petrópolis, cidade serrana fluminense, tanto a partir dos dados pluviométricos, quanto da repercussão deste elemento meteorológico no espaço urbano retratado na imprensa local. Caracteriza as áreas de risco em função da topografia do sítio urbano e avalia as condições impactantes em termos de escorregamentos e inundações.

Na perspectiva da identificação de padrões climáticos diferenciados entre as áreas urbanas e rurais do município de Sorocaba, Renato Tavares analisa a variabilidade do clima local, relacionando-o com a expansão territorial urbana e demonstrando as modificações ocorridas em função do processo de urbanização.

Luciana Tessari da Silva, em trabalho de co-autoria com José Tadeu Garcia Tommaselli e Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, traz um trabalho inovador a respeito do comportamento do clima urbano de Penápolis, cidade de médio porte do oeste paulista. Analisa um episódio de inverno para demonstrar as variações que a mancha urbana provoca nos condicionantes atmosféricos.

O clima urbano de Presidente Prudente, cidade de médio porte localizada no Pontal do Paranapanema, extremo oeste paulista, é tratado por Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim. Neste artigo, a autora discute os resultados das medidas de campo obtidas através de mini-abrigos fixos espalhados pela malha urbana e comenta sobre as relações entre os dados colhidos e os padrões de ocupação.

Para finalizar, num interessante trabalho sobre o conforto térmico da área urbana de Presidente Prudente, Andréa Koga, José Tadeu Garcia Tommaselli e Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, demonstram as condições termo-higrométricas típicas das habitações prudentinas e analisam os resultados alcançados à luz dos conceitos de qualidade ambiental e de vida.

Assim, esta coletânea se configura como um esforço do grupo de Climatologia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP de

Presidente Prudente, no sentido de contribuir para o conhecimento do papel do clima e de seus elementos, na produção do espaço urbano e na qualidade ambiental e de vida deste que tem se configurado como o grande habitat do homem contemporâneo: a cidade.

É uma obra modesta, mas que acreditamos ser útil tanto para os alunos de graduação e pós-graduação dos cursos que se interessam pela questão ambiental urbana.

Em nome dos autores, agradecemos ao Conselho do Curso de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, em particular a seu coordenador, Prof. Dr. Eliseu Savério Sposito, pelo inestimável auxílio para a publicação destes originais.

Presidente Prudente, 13 de Novembro de 2001.

João Lima Sant'Anna Neto
Organizador

- **ANDREA KOGA VICENTE**

É bacharel e licenciada em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), campus de Presidente Prudente, SP. É professora da Rede Municipal de Ensino de Presidente Prudente, SP.

- **JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO**

É bacharel e licenciado em Geografia pela Universidade de São Paulo (USP). Realizou seus cursos de pós-graduação (Mestrado e Doutorado) na área de Geografia Física na Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH/USP). É professor Livre-Docente do Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), campus de Presidente Prudente, SP e credenciado nos cursos de Pós-graduação desta instituição e da Universidade Estadual de Maringá (UEM), PR. É consultor do FNMA, do INCRA e de diversas revistas científicas.

- **JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI**

É engenheiro cartógrafo pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), campus de Presidente Prudente, SP. É Mestre em Agrometeorologia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz (ESALQ/USP), Piracicaba, SP, e doutor em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), também da USP. É docente do Departamento de Física, Química e Biologia e do programa de Pós-Graduação em Geografia FCT/UNESP.

- **JOSEFA ELIANE SANTANA DE SIQUEIRA PINTO**

É graduada (licenciatura e bacharelado) em Geografia pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). É Mestre em Geografia Física pela Faculdade

de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH/USP) e Doutora pelo Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (IGCE/UNESP), campus de Rio Claro, SP. É professora Adjunta do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Sergipe (UFS), onde também atua no Núcleo de Pós-graduação em Geografia.

• **LUCIANA TESSARI DA SILVA**

É bacharel e Licenciada em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), campus de Presidente Prudente, SP. É mestranda em Conservação e Manejo em Recursos no programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais do CEA da Universidade Estadual Paulista (CEA/UNESP), campus de Rio Claro, SP.

• **LUCY PINTO HACK**

É graduada em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Realizou vários cursos de especialização na área de climatologia e se doutorou em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (FFLCH/USP). Trabalhou por longo período nas secretarias estaduais de Educação e do Planejamento do Rio de Janeiro. Atualmente é docente da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ).

• **MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM**

É bacharel e licenciada em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), campus de Presidente Prudente, SP. É Mestre em Geografia pela FCT/UNESP e Doutora em Geografia Física pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH/USP). É docente do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP.

- **RENATO TAVARES**

É bacharel e licenciado em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), campus de Presidente Prudente, SP. É mestre em Geografia Física pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH/USP). Atualmente é pesquisador do Instituto Geológico da Secretaria do meio Ambiente do Estado de São Paulo (IG-SMA/SP).

- **RONALDO RODRIGUES DE ARAÚJO**

Graduado em Geografia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) é mestre em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), campus de Presidente Prudente, SP. Atualmente é professor de Geografia na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

- **VICENTINA SOCORRO DA ANUNCIACÃO**

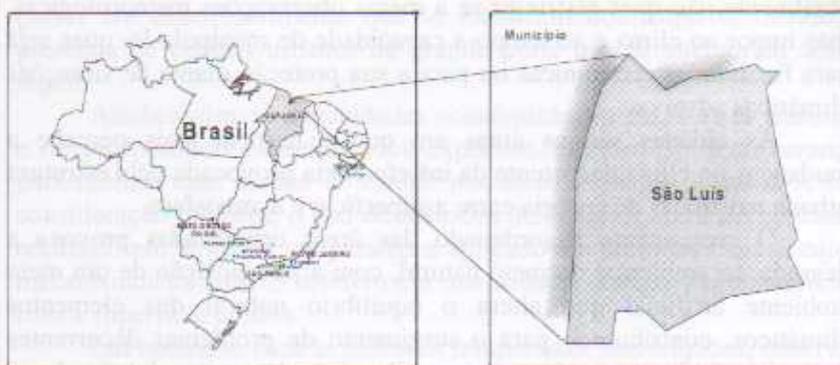
Realizou seus estudos de graduação (licenciatura e bacharelado) em Geografia no Centro Universitário de Dourados Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (CEUD/UFMS). É mestre em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), campus de Presidente Prudente, SP. Atualmente, é professora do Centro Universitário de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (CEUA/UFMS).

Localização das cidades



ROYALDO RODRIGUES ARAÚJO
JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO

O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DO CLIMA URBANO DE SÃO LUÍS - MA



RONALDO RODRIGUES ARAÚJO
JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO

INTRODUÇÃO

Os estudos recentes sobre a atmosfera vêm sendo marcados pela forma como têm sido analisados os dados e suas diferentes interpretações. A necessidade do homem em entender a repercussão dos atributos meteorológicos sobre a Terra e o auxílio de novas tecnologias, fez com que, nos últimos anos, os estudos desses fenômenos passassem a ser analisados de forma dinâmica (Lovelock, 1991).

O incremento do aparato tecnológico e a sua influência direta com o homem são fatores que propiciaram o aparecimento de estudos mais específicos devido a sua importância para a sociedade moderna, que atualmente não quer restringir-se a meras observações meteorológicas, mas impor ao clima e ao tempo a capacidade de manipulá-lo, quer seja para finalidades econômicas ou para a sua proteção diante de situações climáticas adversas.

As cidades são as áreas em que o homem mais percebe a mudanças no clima decorrente da interferência provocada pela estrutura urbana nas trocas de energia entre a superfície e a atmosfera.

O crescimento desordenado das áreas urbanizadas provoca a degradação ambiental do meio natural, com a justaposição de um meio ambiente artificial que altera o equilíbrio natural dos elementos climáticos, contribuindo para o surgimento de problemas decorrentes dessa interferência, "...dos quais a ilha de calor e a poluição do ar destacam-se como as mais notáveis." (Lombardo, 1985).

Os estudos referentes ao clima das cidades passam a ser observadas com maior atenção, sobretudo, com o acelerado processo de urbanização, que caracterizam as cidades européias em meados do século XIX, e nas cidades de países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento a partir do segundo pós-guerra (García, Gallego, Torrecilla, 1997; Moreno-García, 1999)

No final do século passado, metade da população mundial passa a residir nas cidades, com o crescimento mais acelerado nos países subdesenvolvidos, que apresentam alguns dos centros urbanos mais populosos.

Segundo Moreno-García, (1992) e Lombardo (1997) as estatísticas demonstram ser o crescimento urbano bem mais acelerado, em especial na América Latina, cujas projeções estimam que em 2000,

aproximadamente 64% da população irar fixar-se nas áreas urbanas, decorrentes, do êxodo rural e do crescimento vegetativo.

O incontrolado e contínuo fluxo migratório em direção às áreas urbanas em latitudes tropicais resulta, na proliferação de cidades que superam 1 milhão de habitantes nos países em desenvolvimento a partir de 1940. (Jaurégui, 1984)

Observa-se também, que o rápido crescimento da urbanização dos grandes centros urbanos dos trópicos atraiu diversos níveis de industrialização, que com freqüência vem prejudicando a qualidade do ar e causando problemas de contaminação atmosférica (Taesler, 1984).

Dessa forma, não é de surpreender, que somente há bem pouco tempo, os estudos de climatologia urbana, passaram a ser realizados em países em desenvolvimento que se localizam nos trópicos, devido à presença de centros urbanos de grande porte que se encontram nessa região.

Ainda assim, as dificuldades econômicas e a escassez de material e de profissionais especializados explicam, em parte, o lento avanço para realizar esse campo de estudo nas áreas tropicais, levando-se em consideração também, o uso de métodos de observação desse processo realizado em latitudes temperadas e aplicado em latitudes baixas, cujos mecanismos climáticos diferem em intensidade, freqüência e interação com a superfície urbana.

Em contraste com as latitudes temperadas, nos trópicos, observa-se uma variação anual menos marcante da temperatura, sendo a variação da umidade o elemento mais importante e que produz a distinção dos regimes climáticos.

Em se tratando de estudos de clima urbano, por mais que os contrastes térmicos entre as áreas urbanas e áreas rurais das regiões tropicais também sejam causados pela estrutura e composição do tecido urbano, como nas cidades temperadas, há que se ressaltar, que tais elementos físicos nos trópicos possuem algumas diferenças, como: áreas verticalizadas de menor extensão e altura, maior ausência de pavimentação e, proporção reduzida de áreas verdes (Jaurégui, 1984).

A morfologia dos canyons suburbanos das cidades tropicais também difere estruturalmente daquelas localizadas em latitudes temperadas, que se caracterizam por apresentar uma baixa densidade de edificações e uma proporção considerável de áreas verdes. Ao contrário,

os subúrbios periféricos das grandes cidades tropicais estão ocupados por construções pobres e com áreas verdes escassas ou inexistentes.

Com relação à Ilha do Maranhão, localizada na região equatorial, onde esta situada a capital do estado, São Luís, e que ocupa a parte central do Golfão Maranhense, geograficamente dita costeira, a interação de terra, mar e os fenômenos meteorológicos tendem a ser mais complexas.

As informações climáticas disponíveis permitem considerar o clima de São Luís com características equatoriais, quente e úmido. O período chuvoso ocorre de janeiro a junho, e o seco, inicia-se em julho prolongando-se até dezembro. As temperaturas médias oscilam entre 26,3°C (março) e 27,5°C (novembro). Nos meses de outubro e novembro, ocorrem as maiores incidências de ventos nordeste. (Ferreira *apud* SEPLAN, 1993).

Nos últimos 30 anos, as características climáticas regionais, apresentaram alguns episódios excepcionais, como a ocorrência de diferenças exageradas de seus parâmetros, o que possivelmente teve ter relações com o clima urbano da cidade, com significativas mudanças pontuais, decorrentes do processo de urbanização desordenada, o que implica dizer, que os padrões climáticos ora citados, sofrem diferenciações específicas, sobretudo, nos bairros de grande expansão horizontal e vertical e no centro urbano de São Luís.

Historicamente, o crescimento urbano de São Luís, até a década de 1950 caracterizava-se por ser lento e linear. Lento, pelo fato de levar aproximadamente 338 anos para ocupar uma área de 664 hectares, e linear, por restringir-se á apenas dois núcleos urbanos: o núcleo central e a Vila Anil, que acompanham o divisor de águas entre os rios Anil e Bacanga¹ (Ferreira, 1993).

Em 1960, dois fatores propiciaram o maior crescimento espacial (embora sem nenhum planejamento físico - territorial) aos setores oeste e norte-nordeste da cidade. O primeiro refere-se à construção da barragem do Bacanga e o segundo, à construção das pontes,

¹ Com relação aos dois canais, Feitosa (1990a) comenta que a terminologia mais adequada para designá-los seria "braço de mar". No entanto, devido às contradições ainda existentes sobre o assunto e em decorrência da maior aceitação histórica e popular, optou-se neste trabalho pelo uso do termo "rio".

governadores José Sarney e Newton Bello, que permitiram maior acesso aos referidos setores.

Contudo, é necessário ressaltar que outros fatores contribuíram para o crescimento territorial e demográfico da cidade. De um lado, a rápida acessibilidade e intenso fluxo de pessoas do interior do estado propiciado com o asfaltamento da BR-135 e, por outro, a implantação dos projetos industriais, nos quais se destacam o Complexo Portuário - industrial e Ferroviário da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e do Consórcio Alumínio do Maranhão (ALUMAR), que foram responsáveis pela grande atração populacional no final da década de 1970.

Dessa forma, a ocupação do espaço urbano de São Luís tem se caracterizado, mais recentemente, pelo elevado número de conjuntos habitacionais, pelos loteamentos implantados em locais isolados e/ou distantes do núcleo central e pela proliferação de invasões e palafitas, principalmente a Norte - Nordeste e a Leste (Ferreira, 1993).

Além disso, durante as décadas de 1960 e 1970, iniciou-se o processo de verticalização do espaço urbano na cidade de São Luís que, até então, restringia-se aos casarões do centro histórico do município.

A partir de 1980, um novo processo de crescimento vertical ocorreu em São Luís, agora direcionado aos setores norte, nordeste e sudeste. Surgiu gradativamente grande quantidade de prédios, sobretudo nos bairros de São Francisco e Renascença que, se acentuou na década de 1990 em virtude da demanda por prédios residenciais e de prestação de serviços, em função do incremento de empresas de outros estados no mercado imobiliário local, acelerando consideravelmente o processo de verticalização da cidade de São Luís (Carvalho, 1995).

Dessa forma, o surgimento no município de diferentes formas de ocupação do espaço, caracterizam diferentes ambientes climáticos, determinados pelos materiais utilizados na construção deste espaço, pela ausência de áreas verdes, pela concentração das edificações e, também, pela impermeabilização dos solos.

Devido ao seu expressivo crescimento demográfico e territorial nos últimos 30 anos, as alterações no seu espaço, com a superposição da paisagem urbana sobre seus ambientes naturais, os efeitos causados por estas modificações ainda são pouco conhecidos, embora seja reconhecido, que um dos principais impactos gerados, tenham sido a criação de ambientes com valores mais elevados de temperatura, principalmente, nas áreas urbanas.

I. AS CARACTERÍSTICAS URBANAS DE SÃO LUÍS

A Ilha do Maranhão apresenta uma superfície de 905 Km², situada no Golfão Maranhense, composta administrativamente por quatro municípios: São José de Ribamar, Paço do Lumiar, Raposa e a capital, São Luís, que ocupa pouco mais da metade desta área. A ilha está situada entre as coordenadas de 2° 30'00" e 2° 31'23" lat. S e de 44° 17'31" e 44° 18'45" long. W.

A partir da década de 1950, São Luís esteve submetida a acentuado processo de urbanização, cujos efeitos, culminaram com o crescimento desordenado da cidade, até então restrito a dois núcleos urbanos que acompanham o divisor de águas do Anil e do Bacanga.

Com a criação de grandes projetos de colonização e agropecuários no governo de José Sarney (1966/70) e o financiamento das superintendências de desenvolvimento regional (SUDAM e SUDENE) houve o incentivo para a vinda de grandes empresas do Centro - Sul que implementaram uma política de modernização agrícola em detrimento do modelo agrícola de subsistência.

Em decorrência disso, o fluxo migratório cada vez mais foi direcionando-se para a capital, decorrentes dos conflitos agrários no interior do Estado, a implantação dos projetos industriais do Programa Grande Carajás e a melhoria da acessibilidade à São Luís provocado pelo asfaltamento da BR-135, ampliou a mancha urbana para além do corredor Centro-Anil, situado no interflúvio do Anil e do Bacanga.

Além disso, a fácil acessibilidade às margens direita do rio Anil e esquerda do rio Bacanga, foi favorecida pela construção das pontes Gov. José Sarney e Newton Bello, ampliando o acesso ao setor norte/nordeste do município e, a construção da Barragem do Bacanga interligando aos setores oeste e sul.

Dessa forma, a margem direita do Anil, dada a sua proximidade com o litoral e fácil acesso as praias foi alvo da ação do capital imobiliário com o uso intensivo do solo urbano dando ênfase à especulação pela valorização dos lotes urbanos ao contrário de sua margem esquerda e nas duas margens do Bacanga, que se caracterizou pela ocupação de grupos sociais excluídos através de invasões e/ou migrações forçadas.

A partir da década de 1970, o poder público diante do expressivo crescimento demográfico, sentiu a necessidade de não só atender a

defasagem habitacional pela qual existia na cidade, como também melhorar a paisagem urbana e ordenar de maneira adequada a ocupação espacial de São Luís (Ferreira, 1993).

Para tanto, através de incentivos fornecidos pelo Banco Nacional de Habitação/BNH (atual Sistema Financeiro de Habitação – SFH) e da iniciativa de Cooperativas Habitacionais iniciou-se, nessa década, um acelerado processo de construção de conjuntos habitacionais e implantação de loteamentos públicos sob a responsabilidade do IPEM (Instituto de Previdência do Estado do Maranhão) e da SURCAP (Sociedade de Melhoramento e Urbanismo da Capital S/A), embora a ocupação espontânea em loteamentos em diversas áreas ainda ocorresse.

Apesar da iniciativa do poder público em minimizar o problema habitacional do município com a construção dos conjuntos habitacionais, o déficit ainda persistiu em face do acelerado crescimento populacional, refletindo na expansão de áreas de habitações precárias, em especial as palafitas que alcançavam em 1969 o número de 7.000 unidades, abrigando uma população de 40.000 pessoas, o equivalente a 1/6 do total de habitantes da capital (MARANHÃO, 1983), instaladas sobre os manguezais do Anil e do Bacanga.

Em 1980, o governo federal com a finalidade de promover o desenvolvimento da Amazônia Oriental, cria o Programa grande Carajás (PGC) iniciando a sua implantação em São Luís, cujos projetos que mais se destacaram foram o Complexo Portuário-industrial e Ferroviário da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e do Consórcio Alumínio do Maranhão (ALUMAR) em associação com a ALCOA do Brasil S/A e a Billington Metais S/A, representando um forte impacto na urbanização desordenada em várias cidades do Maranhão, e principalmente em São Luís.

Ao final da década de 1980, até os dias atuais, a ocupação espacial de São Luís é marcado pelo grande número de conjuntos habitacionais (COHATRAC, Maiobão, Cidade Operária, COHAB), pelos loteamentos isolados ou distantes do núcleo central e que formam grandes vazios urbanos, um forte processo de verticalização e, proliferação das ocupações desordenadas (popularmente denominada em São Luís de invasões) e palafitas nos setores norte/nordeste e leste, enquanto o Distrito Industrial ocupa as áreas ao sul e sudoeste do município.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para se compreender a variabilidade climática, sobretudo nas áreas urbanas, é necessário compreender o grau de interferência das atividades humanas sobre os elementos atmosféricos, bem como, a sua relação com as peculiaridades geográficas em um dado lugar.

Na elaboração deste estudo, a escala local enquadra-se melhor na área pesquisada, pois, a sua abrangência considera a cidade e a alteração do solo urbano, a rugosidade e a emissão de poluente (Castro, 1995). O clima local compreende uma extensão horizontal entre 15 a 150 km e a vertical, varia de 1.200 a 2.000 metros.

Para melhor compreender o seu comportamento no espaço urbano de São Luís, levou-se em consideração na sua caracterização, observações diárias dos elementos climáticos, considerando o paradigma rítmico, proposto por Monteiro (1971).

A análise rítmica considera que:

"a) o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo" ; b) "só a análise rítmica detalhada ao nível do tempo, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região" e c) "as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissolúvelmente ligadas à gênese ou qualidade dos mesmos e os parâmetros resultantes desta análise devem ser considerados levando em conta a posição no espaço geográfico em que se define".

(Monteiro, 1971).

Dessa forma, como modelo metodológico utilizado, a partir da concepção teórica acima descrita, realizaram-se 2 etapas primordiais para o estudo:

a) Levantamento de dados meteorológicos, obtidos na estação do Aeroporto Cunha Machado para o período de 1960-1998 e, da estação meteorológica do INMET (estação do Itapiracó) de 1965-1987, como forma de avaliar as condições regionais de circulação atmosférica dos últimos 30 anos.

b) Realização de três trabalhos de campo nos seguintes períodos: 08 e 09/10, 26 e 27/11 e 22 e 23/12 de 1999 nos bairros do Renascença (Loteamento Boa Vista), São Francisco, Centro (praça Deodoro) e a área de entorno do Campus da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), marcados, respectivamente, por processo de verticalização; extensa expansão horizontal; presença de casarões coloniais ao lado de edificações de alvenaria e; área marcada pela presença de ocupações desordenadas e, boa concentração de vegetação.

Os registros episódicos intra-urbanos foram colhidos das 08:00 às 21:00hs em estações fixas, instaladas nos quatro bairros sobre um suporte de madeira, fixadas a 1,5 metro do chão, abrigando um psicrômetro com termômetros seco e úmido da marca INCOTERM com escala de medição de -10°C a $+50^{\circ}\text{C}$, através do qual obteve-se dados da temperatura e da umidade do ar. Além disso, foram coletados registros da velocidade e direção estimada pela **Escala de Beaufort** e da cobertura do céu mediante observações visuais.

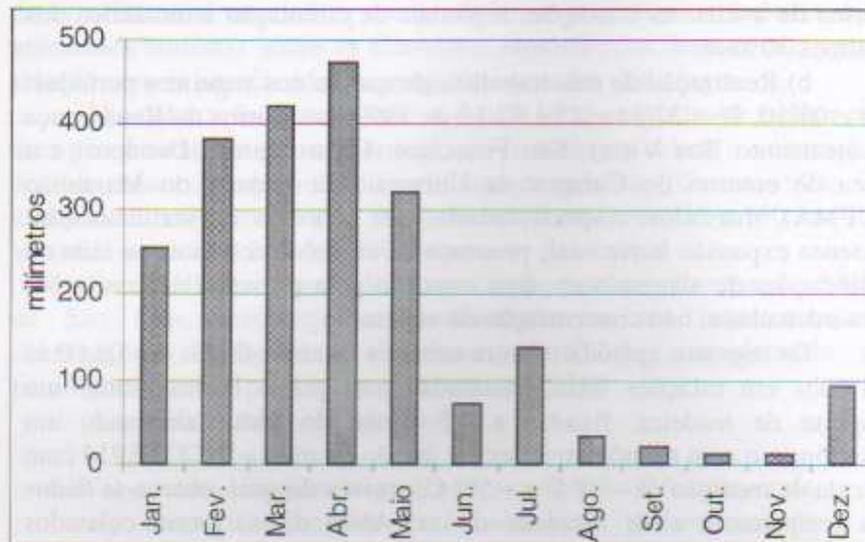
3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE SÃO LUÍS.

Através da análise climática regional, é possível entender que o regime climático do território maranhense é determinado diretamente pelos deslocamentos da zona de Convergência Intertropical (CIT) do hemisfério norte para o hemisfério sul.

Conforme Nimer (1989), as temperaturas médias mais acentuadas do hemisfério norte mantém a CIT na maior parte do ano sobre este, somente com o seu resfriamento a partir de janeiro consegue deslocar essa massa de ar para o hemisfério sul.

A sua ascensão no sentido N-S provoca chuvas intensas mais próximas ao paralelo 5°N , em geral no verão-outono, embora atinja maior frequência e intensidade no outono, especialmente entre os meses de março e abril, que apresenta as maiores médias pluviométricas, enquanto setembro e outubro as médias mais baixas (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Precipitação média mensal de São Luís – 1961-1990

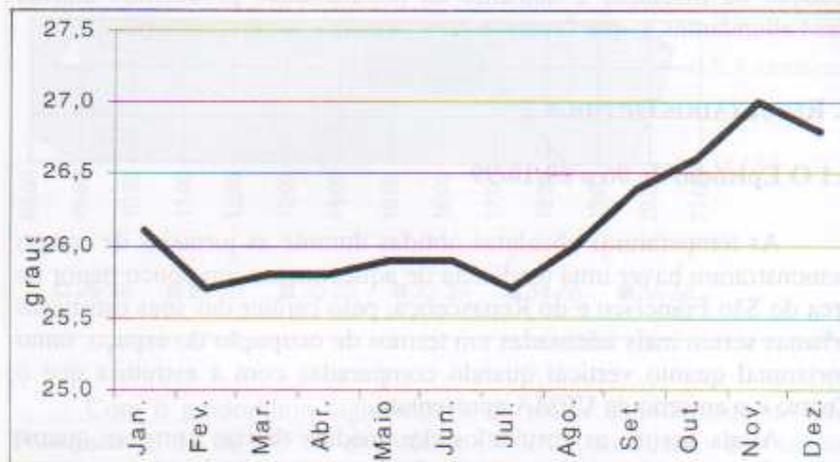


Dessa forma, o município de São Luís, dada a sua proximidade com a linha equatorial, está sujeito às chuvas provenientes do deslocamento da massa equatorial norte, principalmente no período do outono, quando ocorre o seu maior avanço na direção sul (aproximadamente entre 12° e 15° lat.), justificando, portanto, as altas somas pluviométricas na faixa litorânea nesta estação, enquanto na primavera são registradas menores pluviosidades, decorrentes do retorno dessa massa de ar para o norte, não atingindo o hemisfério sul (Guerra, 1955).

Segundo as observações de Feitosa (1989) a esse ciclo estão associadas as massas de ar Equatorial atlântica e Tropical atlântica. A primeira, deslocada pelos ventos alísios de nordeste responde pela maior concentração das chuvas entre os meses de fevereiro a maio, enquanto a segunda, que corresponde ao período de estiagem entre setembro e novembro é deslocada pelos ventos alísios de sudeste, quando a temperatura se apresenta mais elevada durante o ano (Gráfico 2).

O município de São Luís, por estar inserido no eixo de movimento da CIT, apresenta características climáticas determinadas por essa depressão barométrica. Contudo, a insuficiência e a irregularidade de dados das redes oficiais, principalmente na capital, nos permite apenas fazer extrapolações superficiais, não sendo conhecidas claramente, ainda, as suas peculiaridades locais e principalmente o grau de intervenção da estrutura urbana na criação de climas com um caráter mais pontual.

Figura 2 – Média Mensal de temperatura de São Luís (1961-1990)



Entretanto, pelo seu caráter tropical, a área estudada apresenta uma enorme regularidade térmica que permite identificar uma certa uniformidade, já que não apresenta valores de amplitudes exageradas ao longo do ano. A maior variabilidade, entretanto, ocorre por conta do regime pluviométrico que apresenta grande irregularidade interanual.

Com relação à temperatura, em geral apresenta uma oscilação térmica mensal bastante reduzida, decorrente da baixa posição latitudinal e dos registros máximos de temperatura anteceder o início das chuvas que ocorre a partir de janeiro e prolonga-se até o mês de julho. As temperaturas mais elevadas ocorrem na estação seca que se prolonga de agosto a dezembro sendo na primavera entre os meses de

setembro a outubro a estiagem mais rigorosa e portanto, apresentando os maiores registros térmicos, justamente quando a massa equatorial norte esta posicionada mais ao norte, permitindo a maior influência da massa equatorial atlântica com ventos alísios de sudeste quentes e secos. Isto explica, portanto, que as temperaturas máximas registradas na primavera, é decorrente da baixa pluviosidade para amenizá-las (Guerra, 1955).

O inverso também se sucede, pois os meses mais frios (março a maio), coincidem com o período chuvoso do verão-outono quando a massa equatorial norte desloca-se mais para o sul, contribuindo para a redução da insolação e aumento da nebulosidade produzindo chuvas mais abundantes, o que favorece para amenizar as temperaturas.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1 O Episódio de 06 a 09/10/99

As temperaturas absolutas obtidas durante as jornadas de campo demonstraram haver uma tendência de aquecimento um pouco maior na área do São Francisco e do Renascença, pelo caráter das suas estruturas urbanas serem mais adensadas em termos de ocupação do espaço, tanto horizontal quanto vertical quando comparadas com a estrutura que o Centro e o entorno da UFMA apresentam.

Ainda assim, os resultados das médias diárias entre as quatro áreas, demonstraram poucas discrepâncias, pois os valores apresentam muita homogeneidade, e isso ficou muito bem caracterizado não somente nesta jornada de trabalho de campo, bem como, o mesmo aconteceu nas etapas seguintes.

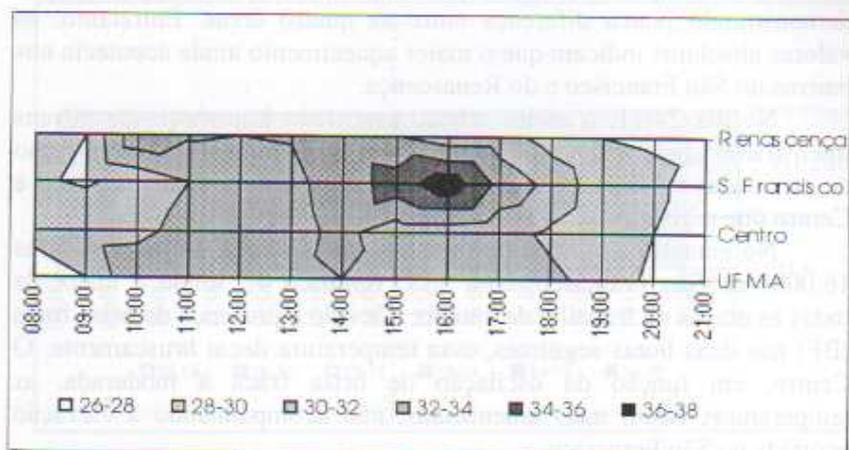
Devido a sazonalidade climática da região equatorial, inclusive quanto à circulação atmosférica, registrou-se em todas as etapas de coleta de dados, a influencia da massa Equatorial Atlântica, bem como, a predominância dos ventos na direção nordeste com variação de intensidade calmo à brisa moderada.

O aquecimento diurno mostrou-se muito semelhante em todas as áreas com pequenas diferenças térmicas, muito embora os valores sejam sempre mais acentuados nas áreas do Renascença, no Centro e no São

Francisco, pelas características de maior adensamento urbano e de superfície mais impermeabilizada.

Nesse episódio de campo chama a atenção, os resultados obtidos no trabalho do dia 06/10 no intervalo das 13:00 às 17:00 hs (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Dados de temperatura registrados em 06/10/1999



Com o predomínio significativo de maior aquecimento no São Francisco às 15:00 (35°C) e 16:00hs (37,2°C), associado aos ventos calmos que predominaram neste horário, mostrando claramente o efeito urbano dessa área. Nos demais áreas, mesmo com o céu aberto iniciam redução da temperatura, com a intensidade do vento variando de brisa fraca (BF) à brisa muito fraca (BMF). O Centro, não acompanha o pico do São Francisco no mesmo horário, possivelmente pelo predomínio da brisa moderada (BM), contribuindo para amenizar o aquecimento vespertino.

Ao término dessa primeira etapa de campo, o maior aquecimento no final da tarde e início da noite, no intervalo das 18:00 às 21:00hs, sempre se mostrou mais elevado no Centro e no São Francisco demonstrando que a perda de calor via radiação, é proporcional ao acumulado durante o dia, decorrentes das suas estruturas urbanas que propiciam o maior acúmulo de calor. Na UFMA e no Renascer,

respectivamente, pela maior cobertura vegetal e proximidade com o litoral, colaboram para um menor acúmulo de calor e amenização da temperatura através da elevação da umidade.

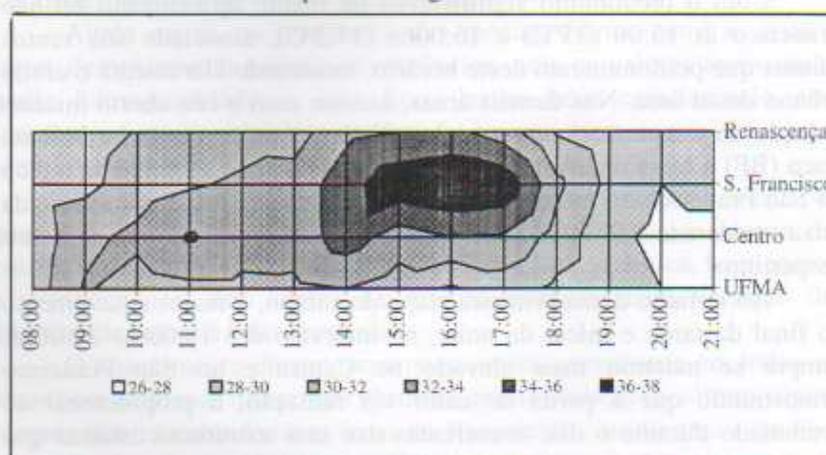
4.2. O Episódio de 24 a 27/11/99

Nesta etapa de campo, as temperaturas diárias continuaram demonstrando pouca diferença entre as quatro áreas. Entretanto, os valores absolutos indicam que o maior aquecimento ainda acontecia nos bairros do São Francisco e do Renascença.

No dia 24/11, o efeito urbano associado à ausência de nuvens intensificou ainda mais a temperatura nas áreas de maior concentração de atividades urbanas, com valores mais elevados no São Francisco e Centro que registram às 14:00hs, respectivamente, 35,2 e 35°C.

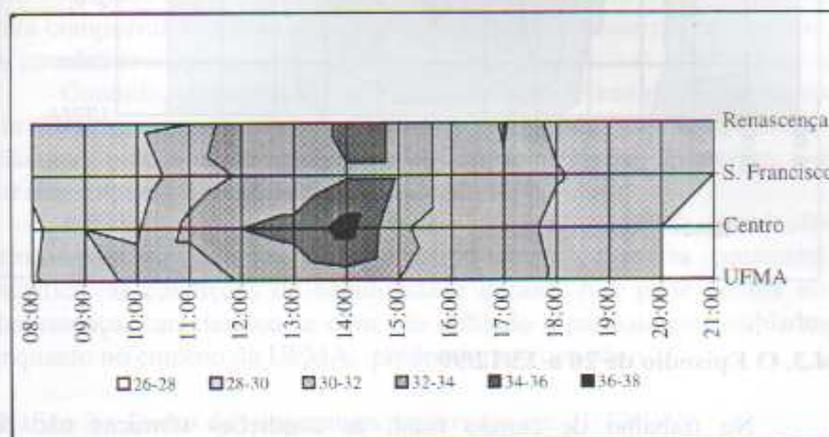
No entanto, a temperatura mais elevada do dia, foi registrada às 16:00hs no São Francisco, com 38°C (Gráfico 4), sendo a maior de todas as etapas de trabalho de campo. Devido à presença de brisa fraca (BF) nas duas horas seguintes, essa temperatura decaiu bruscamente. O Centro, em função da oscilação de brisa fraca à moderada, as temperaturas ficam mais amenizadas, não acompanhando a elevação ocorrida no São Francisco.

Gráfico 4 – Dados de temperatura registrados em 24/11/1999



No dia 25/11, o Centro registrou o maior aquecimento térmico, com os termômetros indicando 36°C às 14:00hs, acompanhado pelos outros pontos em menor escala, com o registro mais próximo tendo ocorrido no mesmo horário no Renascença com 34,6°C (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Dados de temperatura registrados em 25/11/1999

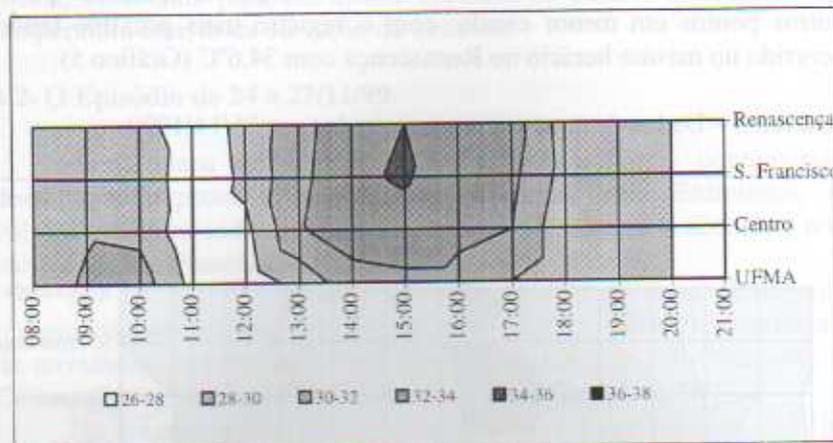


No decorrer dos demais dias, temperaturas mais elevadas ocorreram no São Francisco e Renascença apresentando temperaturas, respectivamente, de 34,2 e 34° C no dia 26/11 (Gráfico 6), enquanto no dia 27/11 os maiores valores registrados, de 33,2 e 33,1° C, aconteceram no São Francisco e no Centro.

Apenas em nível de comparação, para reforçar a influência do fator urbano sobre o clima local, o entorno da UFMA, devido ao uso do solo urbano ser menos intensivo, e por caracterizar-se pela sua cobertura vegetal, no mesmo período registrou temperaturas que não ultrapassaram os 32°C.

Ressalta-se, que a características mais marcante dessa área, que evidencia melhor essa diferença de temperaturas quando comparadas com o Renascença, São Francisco e o Centro, sem dúvida alguma, é a presença da vegetação, associados ao material utilizado na construção das casas (alvenaria, barro e palha) e menor concentração e ocupação do espaço pelas mesmas.

Gráfico 6 – Dados de temperatura registrados em 26/11/1999



4.3. O Episódio de 20 a 23/12/99

No trabalho de campo final, as condições térmicas não se alteraram. O Renascença, o São Francisco e o Centro, continuam a registrar os valores mais elevados, sendo que este último, apresentou um aquecimento levemente superior em relação às demais áreas.

A forte chuva que ocorreu no dia 20/12 por volta das 10:30hs no São Francisco, motivada pelo seu aquecimento e céu nublado, fez elevar a taxa de umidade (93%), contribuindo para amenizar a temperatura e somente superar a faixa dos 30°C às 12:00hs. Nas demais áreas, o aquecimento seguiu gradualmente, destacando-se a UFMA, a única que ultrapassou os 31°C a partir das 10:00hs, decorrente da evapotranspiração retida devido a nebulosidade e o vento (C) que impediram a dissipação do ar quente.

No dia 21/12, a partir das 13:00hs, quando a radiação torna-se mais intensa, define-se de maneira mais clara a influência do uso do solo urbano sobre o clima local. Dessa forma, por apresentarem maior rugosidade e densidade de ocupação, Renascença, São Francisco e Centro são os pontos mais aquecidos, cuja temperatura supera os 34°C,

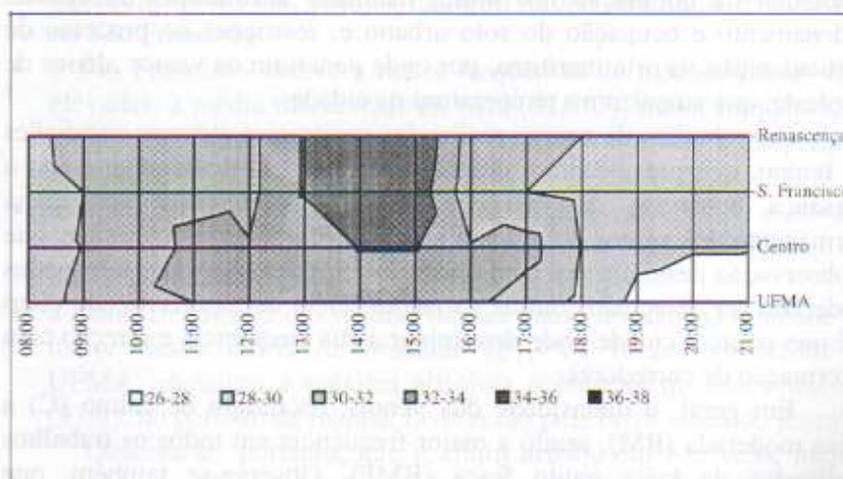
enquanto a UFMA, devido à menor intensidade das propriedades acima mencionadas, não registrou temperatura superior a 32,6°C (Gráfico 7).

O maior registro térmico, no entanto, ocorreu no Renascença (36°C) às 15:00hs, que mesmo com céu aberto e brisa moderada (BM), o fator da verticalização dificulta a livre circulação e dispersão do ar, provocando um rápido aquecimento na área, acompanhado de perto pelo São Francisco que sob condições semelhantes registra 35,2°C. Apenas para comprovar a tese do efeito urbano, a UFMA, nesse mesmo horário os termômetros marcavam 32,5°C.

Contudo, chamou a atenção neste trabalho de campo, o fato de no dia 23/12, a área de entorno da UFMA, apresentar suas temperaturas máximas praticamente iguais às do Centro e do São Francisco, e mesmo superior à temperatura máxima do Renascença.

Isso talvez seja explicado pelo fato que, apesar da circulação atmosférica ter sido marcada pela influência da massa equatorial atlântica, as condições de nebulosidade durante boa parte do dia no Renascença, caracterizou-se com céu nublado a parcialmente nublado, enquanto no entorno da UFMA, predominou o céu aberto.

Gráfico 7 – Dados de temperatura registrados em 21/12/1999



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de temperatura registrados nos dias de coleta, embora não sejam definitivos para uma afirmação mais taxativa sobre a influência do solo urbano sobre o clima local, sugerem pelo menos que existe uma correlação significativa, pois, os dados demonstram claramente, que as áreas cujo uso do solo são mais adensados e com presença reduzida de vegetação, em geral são realmente mais quentes que as áreas que apresentam formas de ocupação contrária à descrita acima.

No entanto, para uma definição mais clara que demonstrem uma real influência do meio urbano sobre o clima local de São Luís, recomenda-se a necessidade de ampliar a rede de coleta de dados (oficiais ou não) e, que sejam realizadas medições no período de maior intensidade pluviométrica, a fim de conhecer o comportamento térmico das áreas urbanas durante o período de menor insolação.

Isso se justifica, considerando a necessidade de conhecer mais claramente, que efeitos ao clima local a cidade vem provocando atualmente, para que se possa implantar medidas, através de planejamento urbano, para amenizar efeitos nocivos à qualidade ambiental da população no futuro, mediante arborização da cidade, ordenamento e ocupação do solo urbano e, restrições ao processo de verticalização na orla marítima, por onde penetram os ventos alísios de nordeste, que amenizam a temperatura na cidade.

Os trabalhos de campo realizados mostraram algumas condições de tempo, que prevaleceram durante toda a coleta dos dados, como a presença constante da massa Equatorial Atlântica e freqüência permanente dos ventos oriundos do setor nordeste. É bem verdade, que a observação deste último, com o uso de equipamentos mais adequados poderiam ser detectados outras variações, além de não ter ficado claro até que ponto a cidade pode determinar a sua freqüência e direção com a formação de corredores.

Em geral, a intensidade dos ventos, oscilaram de calmo (C) a brisa moderada (BM), sendo a maior freqüência em todos os trabalhos realizados da brisa muito fraca (BMF). Observa-se também, que independentemente de sua intensidade, a verticalização no setor norte de São Luís não impedem a sua livre circulação pelo interior da cidade,

embora no loteamento Boa Vista, no Renascença, possa sofrer interferências.

Outro ponto interessante, é que o vento associado á nebulosidade, em algumas situações, atenuaram ou contribuíram para o aquecimento das áreas. A nebulosidade seguiu seu comportamento sazonal, com a maior freqüência de céu aberto em outubro e novembro e ao começo de dezembro acentua-se a formação de nuvens com a aproximação das primeiras chuvas.

Considerando os dados colhidos nas etapas de campo, os episódios que apresentaram a maior freqüência foram os seguintes:

- o aquecimento diurno inicial mostrou-se mais freqüentes nas áreas mais urbanizadas, principalmente no São Francisco e no Centro, favorecidas pela concentração das construções e com os postos de coletas mais próximo das vias de maior circulação de pessoas e automóveis.
- o Renascença devido a sua proximidade com o litoral e a UFMA, pela maior presença de cobertura vegetal, associado ao material utilizado nas construções de seu entorno apresentaram aquecimento menos intenso.
- o período das 12:00 às 16:00hs mostrou-se o horário de maior aquecimento do dia, com os maiores valores absolutos no Centro e no São Francisco.
- o São Francisco obteve a maior freqüência de médias diárias mais elevadas, a média diária mais elevada ($32,3^{\circ}\text{C}$), maior freqüência de temperatura absoluta mais elevada (7 vezes) e a maior temperatura absoluta (38°C).
- as menores temperaturas foram registradas na UFMA e no São Francisco, este último registrando a menor de todas ($25,5^{\circ}\text{C}$) no dia 22/12 às 08:00hs.
- a maior freqüência das médias diárias mais elevadas da umidade e a maior média diária de umidade (81,9%), foram registradas na UFMA, enquanto a máxima absoluta aconteceu no São Francisco (93%), no período da manhã, favorecido pela brisa vinda do litoral.

Observa-se, portanto, que o efeito urbano em São Luís, mesmo considerando a sua situação equatorial, com recebimento diário de maior insolação, pode perfeitamente gerar influências sobre o clima

local na medida que a centralização e intensificação de atividade no solo urbano são mais concentradas.

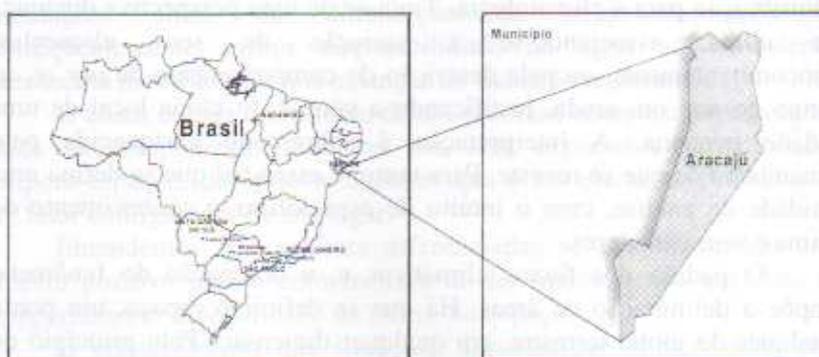
Contudo, se as diferenças de comportamento térmico em São Luís não são mais acentuadas se comparadas com os estudos realizados em regiões temperadas pelo menos alguns fatores devem ser considerados: a insularidade do município, a baixa altimetria e regular topografia do terreno da cidade e do litoral que favorece a livre penetração dos ventos, à reduzida atividade industrial e, ao processo de verticalização ainda em fase emergente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. Gênese de uma nova região siderúrgica: acertos e distorções de origem, na faixa Carajás/São Luís. **Pará Desenvolvimento**, Belém, n.22, p.3-15, jul./dez.1987.
- AZEVEDO, A. de. **Geografia do Brasil**. 8.ed. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1977.
- BISPO, S. A Ilha do Maranhão. **Revista de Geografia e História**, São Luís, v.2, n.2, p.141-50, jun.1947.
- CARVALHO, J. P. C. **O crescimento vertical como alternativa à produção do espaço urbano de São Luís – MA: o caso do loteamento Boa Vista**. São Luís, 1995. 49p. Monografia de Graduação – Curso de Geografia, Universidade Federal do Maranhão.
- D'ABEVILLE, C. **História da missão dos padres capuchinhos na Ilha do Maranhão e terras circunvizinhas**. São Paulo: Itatiaia/EDUSP, 1975. 297p.
- CASTRO, A. W. S. **Clima urbano: as precipitações pluviais em Rio Claro – SP**. Rio Claro, 1995. 196p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP.
- FEITOSA, A. C. **Evolução Morfogenética do Litoral norte da Ilha do Maranhão**. Rio Claro, 1989. 196p. Dissertação. (Mestrado em Geografia) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP.
- _____. Controvérsias nas denominações do Anil e do Bacanga. **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v.6, n.1, p.61-9, jan./jun.1990a.
- _____. Controvérsias na denominação na Ilha Maranhão. **Humanæ Res**, São Luís, v.1, n.1, p.72-82, jul./dez.1990b.
- FERREIRA, A. J. de A. **A urbanização e a problemática ambiental em São Luís – MA**. São Luís, 1993. (Monografia de Especialização).

- GARCÍA, F. F., GALLEGO G., TORRECILLA, R. C. (coords). Las investigaciones sobre el clima urbano de las ciudades españolas. In: **Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas**. Barcelona (ESP): Parteluz, 1997.
- GUERRA, I.A.L.T. Tipos de clima do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, n.4, p.450-96, out./dez. 1955.
- JAUREGUI, E. Los climas urbanos tropicales. In: CONFERENCIA TÉCNICA DE LA OMM SOBRE CLIMATOLOGIA URBANA Y SUS APLICACIONES, PARTICULARMENTE EN LO QUE SE REFIERE A LAS REGIONES TROPICAIS, 1984, Ciudad de México (MEX). **Anais...** Ciudad de México: Organizacion Meteorologia Mundial, 1984.
- LOMBARDO, M. A. **A ilha de calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.
- _____. O clima e a cidade. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1997, Salvador (BA). **Anais...** Salvador: FAUFBA/LACAM; ANTAC, 1997. p.59-62.
- LOVELOCK, J. D. **As eras de Gaia: biografia de nossa Terra Viva**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- MARANHÃO (estado). Secretaria de Coordenação e Planejamento. **Perfil do Aglomerado Urbano da Ilha de São Luís: síntese**. São Luís: SEPLAN, 1983, v.1 e 2.
- MEIRELES, M. M. **França equinocial**. 2.ed. São Luís: SECMA/Civilização Brasileira, 1982.
- MONTEIRO, C. A. de F. Análise rítmica em climatologia. **Climatologia**, São Paulo, n. 1, 1971.
- MORENO-GARCÍA, M. C. Unas notas históricas acerca de la Climatología urbana. In: **Notes de Geografia Fisica**. Barcelona (ESP): Universitat de Barcelona, v. 20-21, p. 137-141, 1992.
- _____. Una proposta de terminología castellana en climatología urbana. In: **Investigaciones Geográficas**. Barcelona (ESP): Asociación Española de Climatología, 1999.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p.
- TAESLER, R. Metodos y dados sobre climatologia urbana. In: CONFERENCIA TÉCNICA DE LA OMM SOBRE CLIMATOLOGIA URBANA Y SUS APLICACIONES, PARTICULARMENTE EN LO QUE SE REFIERE A LAS REGIONES TROPICAIS, 1984, Ciudad de México (MEX). **Anais...** Ciudad de México: Organizacion Meteorologia Mundial, 1984.

O CLIMA LOCAL DE ARACAJU - SE



JOSEFA ELIANE SANTANA DE SIQUEIRA PINTO

INTRODUÇÃO

A definição de uma análise integrada dos dados disponíveis sobre o comportamento climático do espaço municipal de Aracaju, capital do Estado de Sergipe, de pequeno porte, pressupõe uma contribuição ao conhecimento da feição climática do município, e fornece subsídio ao conhecimento do papel do clima nas suas reposições ou retiradas hídricas.

A análise pretendida pressupõe o ritmo como a essência do clima e, as correlações, um fundamento de uma análise geográfica e uma contribuição para a climatologia. Trata-se de uma perspectiva dinâmica do clima, associando-se a variação de seus elementos, concomitantemente, ou pela descrição do comportamento de *per se*, ao longo do ano ou, ainda, justificando a gênese do clima local de uma cidade pequena. A interpretação é sobremodo enriquecida pelo dinamismo de que se reveste. Para tanto, é essencial que se defina uma unidade de análise, com o intuito de espacializar o conhecimento do clima e seus caracteres.

O padrão dos fluxos climáticos e, a ordenação do fenômeno impõe a delimitação de áreas. Há que se definir o espaço, um ponto qualquer do globo terrestre, em qualquer dimensão. Pelo princípio do fluxo geográfico, a avaliação temporal, involuntária, tem primazia sobre o fluxo espacial. A sintonização com as esferas hidrológicas, geomorfológicas, biológicas, antrópicas propicia uma análise rítmica do clima.

Trata-se de preocupações atuais. Entretanto, desde os tempos antigos que se reconhece a importância do clima como fator condicionante da configuração da paisagem e sua incidência sobre o homem, referindo-se a distribuição da população assim como suas atividades produtivas e/ou devastadoras.

Na atualidade presenciamos a notoriedade e importância dos estudos do clima tanto para a população em geral, através de divulgação cada vez mais intensa em meios de comunicação, como em estudos dirigidos para gestões e políticas ambientais. O seu conhecimento deve contemplar, além dos elementos tradicionais, investigações a respeito do problema da água, da contaminação atmosférica e do desmatamento.

O problema da água surge como consequência da incorreta utilização dos recursos hídricos e climáticos, que passa pelo conhecimento das precipitações totais e sua variabilidade, além de suas perdas, através da evaporação e escoamento.

A contaminação atmosférica é um problema antrópico, ligado às suas atividades refletidas no ambiente. Na busca do conhecimento, os estudos de climatologia urbana têm se expandido significativamente, enfocando cidades de porte médio, pequeno ou grande, relacionando suas particularidades ou visando um planejamento de seu desenvolvimento.

O desmatamento determina o escoamento e os riscos de inundações além, da diminuição da evapotranspiração e conseqüentemente menor disponibilidade de água na atmosfera. Acrescenta modificações nos balanços de radiação regionais.

O clima é, pois o resultado de um processo complexo envolvendo todos os componentes terrestres em uma expressiva variabilidade têmporo-espaçial, devendo-se concluir que é um elemento definidor e um fator configurador de um lugar.

Entendemos que análises diferenciadas se constituem em um aspecto positivo para a compreensão do fenômeno, tendo em vista o comportamento diversificado do clima, no espaço.

O encadeamento das situações atmosféricas diferenciadas em períodos de tempo e a variação quantitativa dos elementos geram o conhecimento dos tipos de tempo, assegurando a compreensão genética.

Na Geografia, as preocupações quantitativas com os fatos climáticos têm diferentes ângulos. Um dado elemento climático tem um sentido específico para uma dada paisagem agrária ou para os organismos urbanos ou para a paisagem, em toda variedade de aspectos de que se reveste.

A integração geográfica no tempo realiza-se por efeito comparativo da análise rítmica e quantitativa dos elementos climáticos e a decomposição cronológica dos estados atmosféricos, em contínua sucessão, associando-se aos mecanismos da circulação regional.

A análise pretende, por outro viés, revelar o ritmo da distribuição das chuvas e das disponibilidades hídricas. O balanço hídrico é importante porquanto considera a água do solo como uma grandeza contabilizável e confronta dois elementos climáticos contrários: a

precipitação pluvial que representa o acréscimo de umidade no solo e a evapotranspiração que assinala o débito potencial de umidade.

Os estudos de ordem climatológica se fundamentam em coletas de dados por meio de instrumentos e na observação direta de seus reflexos na natureza. É extremamente variável no tempo e no espaço e tem tido relevância quando tratamos de relacioná-los às suas influências reguladoras.

Por conseguinte, uma compreensão climatológica não raro se define em diferentes ordens, ou escalas. A análise pretendida se enquadra hierarquicamente nos climas locais, que se constituem em um complexo e variado conjunto de fatores geográficos similares e dependentes dos climas regionais, cujos mecanismos incidem sobre o ritmo e a distribuição dos elementos climáticos e suas interações significativas com a altitude, orientação do relevo local, tipo de cobertura vegetal e sua proximidade ou distância do mar.

1. CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE: ESTRUTURA E PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

Aracaju, capital do Estado de Sergipe, ocupa uma área de 181 km² e se situa no litoral do Nordeste do Brasil, delimitada pela latitude 10° 55'S e longitude 37° 03'W, na faixa climática comumente denominada de litoral sub-úmido ou de Zona da Mata. Sua altitude é bem aproximada do nível do mar, ou seja, variando de dois a quatro metros, onde se sobressaem alguns poucos pontos elevados.

Tem-se conhecimento de que está assentada numa área constituída por terrenos de sedimentos quaternários de origem fluvio-marinha, fluvial e eólica, cobertos por manguezais, restingas e dunas, além de apresentar um lençol freático alto e um subsolo lamacento. São processos de acumulação marinha. Possui um cordão de dunas na parte oeste da cidade, com desmonte de dunas pela ação antrópica.

Incrustada na planície litorânea, pouco recortada, que se estende para o norte até a foz do rio Sergipe e para o sul até o rio Vasa Barris. É essencialmente arenosa e plana e comporta eventualmente canais de marés e lagoas.

A análise climatológica calcada na estrutura física é compatível com os processos de urbanização e fundamenta-se em literatura existente.

“Aracaju, capital de Sergipe, é o mais importante centro urbano no sistema no qual está inserida. A primazia urbana se consolida cada vez mais em decorrência da fragilidade nas relações entre as demais cidades que se subordinam diretamente à capital. Tudo isso em decorrência da exiguidade do território sergipano e de uma malha radial que priorizou as ligações com a capital em detrimento das demais cidades. Sua região de influência corresponde a todo o território sergipano e às áreas limítrofes do Estado da Bahia, representadas pelos municípios de Paripiranga, Jeremoabo, Coronel João Sá e Santa Brígida”

(Diniz apud França, 1999, p. 59)

Faz-se mister observar que o município, como a maioria das capitais brasileiras, vem apresentando um rápido crescimento populacional, passando de 59.031 habitantes, em 1940, para 402.341, em 1991 e já atingindo 426.580 habitantes, em 1996.

É interessante destacar a crescente participação de Aracaju no conjunto da população estadual, passando de 10,8%, em 1940, para 27%, em 1991, o que corresponde a 40,1% da população urbana

“Avaliando a posição de Aracaju no conjunto das capitais brasileiras, no período compreendido entre 1940 e 1991, e tomando como base apenas a população municipal, percebe-se que a cidade sempre se situou entre aquelas de menor porte. Ocupando a décima sexta posição, em 1940, quando havia somente 22 capitais, Aracaju apresentava uma posição superior apenas a Natal, Cuiabá, Goiânia, Florianópolis, Vitória, e Rio Branco. Em 1991, a cidade ocupa a vigésima posição, num conjunto de 26 cidades capitais, sendo superada por Goiânia, Natal e Cuiabá”.

(França, 1999, p. 50)

Os núcleos urbanos locais ressentem-se com a estiagem e com os impactos pluviiais concentrados, tendo em vista a própria peculiaridade da relação. O homem atua como agente influenciador sobre os aspectos físicos em geral e especialmente no meio urbano. O clima da cidade é derivado da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído pelo homem.

É opinião firmada de que a cobertura vegetal de uma área possibilita ao homem sua utilização; provendo as necessidades básicas, além de interferir no processo climático, seja amenizando as temperaturas ou permitindo maior retenção da água, ou protegendo os solos do processo erosivo.

A cobertura vegetal de toda faixa litorânea, onde se encontra o município de Aracaju, engloba formações perenifólias, sendo encontrados os manguezais e remanescentes da floresta atlântica onde aparecem as associações de praias, restingas, várzeas e terra firme. Esta vegetação se apresenta na foz dos rios influenciados pelas marés e nas praias e dunas. O conhecimento propiciado Franco permitiu o presente levantamento.

"O mangue era constituído de árvores de 15 a 20 metros de altura, entretanto, a sua utilização constante transformou o manguezal numa vegetação de 4 a 6 metros de altura. Atualmente, é utilizado como combustível nas padarias e indústrias de tecidos e na produção de tanino".

(Franco apud Santos e Andrade, 1992, p. 95)

A floresta atlântica, segundo Franco, tem o seu porte diminuído de leste para oeste, como consequência da redução das chuvas. As plantas perenifólias vão se tornando caducifólias, com poucas espécies remanescentes. A brisa marinha impede o desenvolvimento dos arbustos e árvores nas vegetações associadas das praias e dunas.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é produzir as informações geográficas ao conhecimento sistematizado do clima local de Aracaju e sua

integração com a natureza, como fundamento aos estudos amplos da Geografia, visando criar uma feição própria do clima da área.

Ao mesmo tempo, almeja-se contribuir para os estudos geográficos em geral que abordem a questão ambiental como um todo ou a temática do clima como um particular.

Assim, os fundamentos desta análise são as características dos principais parâmetros meteorológicos na cidade de Aracaju/SE, de porte pequeno, tentando identificar os mecanismos dinâmicos que contribuem para produzir as precipitações e elaborando uma feição estrutural do seu comportamento, com vistas ao domínio de seu conhecimento.

O esboço metodológico é uma proposta de Monteiro (1971), disseminada em outras pesquisas no âmbito da Climatologia Geográfica, sendo referenciado em obras significativas dessa área. O autor considerou um novo paradigma na condução dos estudos do clima, ou uma tentativa de sanar os resultantes defeitos de classificação "(...) procurando distinguir os propósitos genéticos de causalidade – considerados mais consistentes – daqueles de simples caracterização de padrões espaciais de regionalização." Concordamos com o autor quando ele considera que a análise rítmica compensa as limitações de abordagens estatísticas generalizadoras, calcada em estados médios.

A estrutura metodológica pautou-se em distintas análises da situação de um clima local, considerando a disponibilidade de dados, os objetivos e os procedimentos de análise pertinentes.

A compreensão climatológica se realiza a partir do enquadramento no campo da Climatologia Geográfica em suas exaustivas decomposições cronológicas, fugindo de sua abordagem tradicional analítica, mas não integradora.

Inicialmente procedeu-se a representação dos dados pluviométricos fundamentando-se na análise da variabilidade, fruto de cálculos anteriormente executados em Pinto (1997), justificando-se pela importância do elemento chuva para as áreas nordestinas, e considerando a disponibilidade de informações oficiais de 67 anos. A fonte da base destes dados é a SUDENE/DNOCS.

Outro procedimento analítico, quanto ao comportamento pluvial diz respeito à seqüência de anos chuvosos, com desvios positivos e negativos ao entorno de uma média do referido período de dados disponíveis.

O cálculo do percentual dos desvios foi efetuado de maneira a destacar a participação quantitativa dos anos, sem considerar a distância negativa. Ou seja, nos dez anos, havendo desvios negativos não importando o total desviado, foi somada a frequência com que ocorriam no respectivo decênio. Como os dez anos representam o percentual máximo (100%), caso ocorressem menos de três anos negativos, estariam representados numa primeira classe (inferior a 30%). No caso de se repetirem de três a seis vezes, seguidas ou interrompidas, foram incluídos numa classe intermediária, entre 30 e 60%. Sendo o caso de frequência superior a seis vezes, classificava-se numa terceira classe com mais de 60%, despertando maior interesse para nossa pesquisa. Os desvios positivos são considerados como objeto comparativo.

Em seguida, desenvolveu-se uma análise rítmica integrada com dados de elementos climáticos mais numerosos, fornecidos pela INFRAERO, compreendendo os anos de 1985 a 1999, com um período de observação significativa de 15 anos, embora inferior quantitativamente. Com a catalogação desses dados foram feitas tabelas e análises. Estes mesmos dados foram fonte de observação mais acurada do comportamento dos ventos.

Prosseguindo, confeccionou-se um gráfico de balanço hídrico do município, segundo proposta de Santos e Pinto (2001), cujo objetivo é a demonstração simples da contabilidade de entrada e saída da água no solo, somente possível na base de dados da INFRAERO.

A análise da circulação atmosférica, complementando as informações observáveis cotidianamente, realizou-se fundamentada em fontes bibliográficas, a nível regional, com apoio de outros autores.

Complementando a abordagem climatológica recorreu-se a repercussão do clima na imprensa, a título de amostra, considerando o período de 1994 a 1996, no Jornal *Gazeta de Sergipe*, um dos quatro jornais diários do Estado. Também apresentamos aqui resultados de pesquisa anterior, com coleta direta nos arquivos particulares do Jornal (Pinto, 1997).

"O noticiário dos jornais é uma fonte de informação e tem sido utilizado com relativa frequência em pesquisas, de vez que é capaz de revelar aspectos da memória de uma cidade em abordagens diversas".

(Gonçalves, 1992, p.134)

Enfim, pretende-se contribuir metodologicamente para a compreensão do clima de um espaço local, em estudos de caso, numa região climaticamente complexa, favorecendo a percepção do papel do comportamento climático na qualidade agrícola, urbana e ambiental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrevendo os parâmetros pluviais do município aracajuano, constantes na tabela 01, e, tentando traduzir seus índices calculados, tem-se a expor o seguinte. Em estudos anteriores, há divergência na classificação de uma área, pela média pluvial. Mas, considerando a expressividade do período, Pinto (1997) fundamentou-se na estatística para, aproximadamente, considerar a cota de 1.500 mm de precipitação um divisor entre o litoral sub-úmido e o agreste, evidenciando o município numa faixa beneficiada pelas chuvas em relação aos outros municípios sergipanos, com sua média de 1.576,82 mm.

A quantificação pluvial de Aracaju registra um desvio padrão levado, 637,85 mm, constituindo uma alta variabilidade absoluta, em relação à cota limite de 300 mm, estabelecida pelos cálculos das demais localidades estaduais. Tal fato, aliado a variabilidade relativa encontrada pelo Coeficiente de Variação, superior a 30%, expõe a situação do município a um comportamento deveras irregular. O que deixa transparecer que a elevada média pluvial não implica necessariamente em boa distribuição cronológica e que o município enfrenta problemas de ordem pluviométrica.

De fato, Aracaju se enquadra numa situação problemática, tipicamente nordestina. Comporta-se à semelhança da quase totalidade dos municípios analisados, com a maioria variando entre 30 e 40% de C.V. A situação é melhorada com a média geral, que não deve ser analisada somente à luz da estatística. Decerto a precipitação média não é confiável; é imprevisível.

Tabela 1 – Parâmetros pluviiais de Aracaju

Ano	Pluviosidade Anual (mm)	Ano	Pluviosidade Anual (mm)
1912	1034,90	1950	1270,00
1913	395,60	1951	1257,20
1914	1681,30	1952	1242,80
1915	1296,50	1953	1476,20
1916	--	1954	1410,30
1917	--	1955	979,00
1918	1811,00	1956	1519,40
1919	2453,80	1957	1119,80
1920	3715,20	1958	1510,90
1921	4166,40	1959	897,30
1922	3135,20	1960	1203,60
1923	1214,30	1961	1321,90
1924	2170,60	1962	1507,80
1925	1721,80	1963	1213,30
1926	2670,40	1964	2462,90
1927	1041,60	1965	1124,20
1928	--	1966	2122,90
1929	1074,00	1967	2064,50
1930	1411,50	1968	2011,10
1931	896,90	1969	1713,10
1932	975,40	1970	1068,10
1933	1263,00	1971	1413,10
1934	1488,00	1972	1333,50
1935	2765,60	1973	1414,10
1936	1645,40	1974	2359,30
1937	1242,20	1975	1854,90
1938	1227,80	1976	1281,00
1939	1451,30	1977	1863,90
1940	1715,60	1978	1584,40
1941	1266,70	1979	1225,20
1942	1217,30	1980	
1943	1330,00	1981	--
1944	1762,30	1982	1303,10
1945	1653,30	1983	--
1946	1203,10	1984	1164,30
1947	1536,10	Média (\bar{x})	1576,82
1948	1502,20	Desvio (σ)	637,85
1949	1217,40	V = σ/\bar{y}	40,45

Organização: Pinto, 1997.

(Gonçalves, 1992, p.134)

Segundo registra-se:

"A baixa variabilidade implica que a precipitação média em um determinado lugar é confiável, enquanto a alta variabilidade implica amplas flutuações em torno do valor médio".

(Ayoade, 1986, p.172)

Analisando conjuntamente as informações, iluminadas pela estatística dos dados pluviais, Aracaju apresenta uma particularidade. Encontra-se incluída numa classe com coeficiente de variação superior a 30%, embora com médias pluviais elevadas, e, em três vezes, registrou seqüência consecutiva de desvios negativos ao longo de 67 anos. Durante quatro decênios teve 60% de desvios negativos. Sob o ponto de vista climático e para efeito desta análise, é também uma área de grande variabilidade.

Observam-se desvios negativos configurados na classe inferior a 30% no município em epígrafe, referentes ao período de 1920-29, considerada uma situação menos severa no quadro estadual. Nos decênios seguintes, este índice passa a sobressair negativamente, acima de 60%, nos anos 1930-39, 1940-49, 1950-59 e em 1970-79.

Ainda à luz de dados numéricos anteriores relativos ao Estado de Sergipe, centrando olhar para a base municipal de Aracaju, tem-se a reportar que, no período de 1912 a 1984, três períodos críticos se sobressaem: primeiro referente ao ciclo de 1927 a 1934, com oito anos consecutivos de negação de chuvas; o segundo compreende os anos de 1946 a 1963, portanto 19 anos de desvios negativos; compreende o terceiro ciclo, 4 anos relativos ao período mais recente de 1970 a 1973.

De qualquer ângulo observado, todavia, em se tratando de um território nordestino, o município é considerado privilegiado pelas chuvas, com variabilidade inferior aos demais, como é de se prever nas localidades litorâneas. Contribuem para tal comportamento, um sistema climático regional que define todo o clima do Nordeste do Brasil.

Deve ser lembrado, preliminarmente, que a localidade em tese, integra a região nordeste do Brasil (NEB), conhecida como uma região problemática do ponto de vista climático, com reconhecida variabilidade e flutuações interanuais da pluviosidade e reflexos na sua natureza.

Na organização de um quadro de referência, para demonstrar a importância do clima para a imprensa, como resultado da coleta direta nos arquivos do jornal *Gazeta de Sergipe*, consta a data e a manchete, sendo que no espaço reservado para a data da tiragem, pode-se observar que há repetição, quando a matéria se estende da primeira página ao interior do jornal.

Quadro 1 - Os reflexos dos episódios de chuvas em Aracaju pela imprensa, 1994/1996

DATA	MANCHETE
14-05-94	CHUVA DEIXA MORADORES DA COROA ILHADOS
17-06-94	CHUVA CAUSA MORTE NA CAPITAL
17-06-94	CHUVAS PROVOCAM DESABAMENTOS EM ARACAJU
03/04-07-94	CHUVA CAUSA DESABAMENTOS EM ARACAJU
03/04-07-94	CHUVAS PROVOCAM DESABAMENTOS EM ARACAJU: RUAS COMPLETAMENTE ALAGADAS
05-07-94	CHUVA CAUSA O CAOS POR TODA CIDADE
05-07-94	CHUVAS CAEM PROVOCANDO TRANSTORNOS
19-04-95	CHUVA CAUSA TRANSTORNO À POPULAÇÃO
23/24-04-95	EM MEIA HORA DE CHUVA ARACAJU FICA INUNDADA
13-04-96	CHUVA CAUSA DESLIZAMENTO E INUNDAÇÕES
13-04-96	CHUVAS CAUSAM INUNDAÇÃO NA CIDADE
30-04-96	CHUVAS ARRASAM CIDADE E CAUSAM DESLIZAMENTO
30-04-96	DESLIZAMENTO DE CASAS NO BAIRRO AMÉRICA
11-05-96	CHUVAS GERAM TRANSTORNOS, MAS SEM GRAVIDADE
11-05-96	CHUVAS MUDAM ROTINA DA COMUNIDADE ARACAJUANA
15-05-96	CASAS SOBRE ENCOSTAS SÃO CONDENADAS
31-05-96	CHUVA VOLTA A PRODUZIR TRANSTORNOS
31-05-96	CIDADE ALAGADA - CHUVAS ALTERAM ROTINA DO ARACAJUANO
05-06-96	CHUVA AUMENTA RISCO DE NOVOS DESLIZAMENTOS
05-06-96	CHUVAS INUNDAM A CIDADE E MUDAM ROTINA DO ARACAJUANO
23-06-96	PERIGO RONDA QUEM MORA PRÓXIMO AS ENCOSTAS NA GRANDE ARACAJU

Fonte: *Gazeta de Sergipe* - Org.: Josefa Eliane S. de S. Pinto (1997)

Constatou - se nos arquivos da *Gazeta de Sergipe*, nos três anos pesquisados, que o clima ocupou o espaço do jornal quase sempre na

primeira página, com extensão nas páginas 04, 05 ou 06, em seção denominada cidade.

Duas temáticas dividiram os assuntos. Ou se tratava da seca do interior do Estado e seus efeitos, com previsão de calamidade ou dos transtornos associados a episódios de chuvas na capital. Assim, no período analisado, foram editadas 21 manchetes relacionadas com os reflexos de chuvas nas cidades e 40 citações que se referem à seca no interior do Estado. No quadro de número 01, estão as referências encontradas sobre os reflexos dos episódios de chuva nas áreas urbanas. Não há referência a estragos provocados pelas chuvas em cidades do interior do Estado. A maioria noticia os problemas causados em Aracaju. As chuvas sempre foram saudadas como aspectos benéficos, quando da sua chegada.

Por outro viés, os episódios de chuvas na capital se associam aos seus transtornos nas áreas urbanas, havendo manifestações contra sua vinda, se apresentando na imprensa como um malefício.

Os desabamentos e deslizamentos de que tratam as manchetes dizem respeito a algumas encostas da cidade localizadas nos sedimentos terciários do grupo barreira, onde sofrem a ação antrópica através da ocupação desordenada. No oeste do município, entre as Avenidas Desembargador Maynard e Tancredo Neves, no Bairro América, há uma ocupação desordenada de uma das duas principais encostas da cidade, e a outra, no Morro do Urubu, uma área de preservação no extremo norte, onde há maior risco de desabamentos. É um bairro de classe média baixa, com uma aglomeração acentuada. Está presente nos noticiários locais também, o bairro 18 do Forte, próximo ao Morro do Urubu.

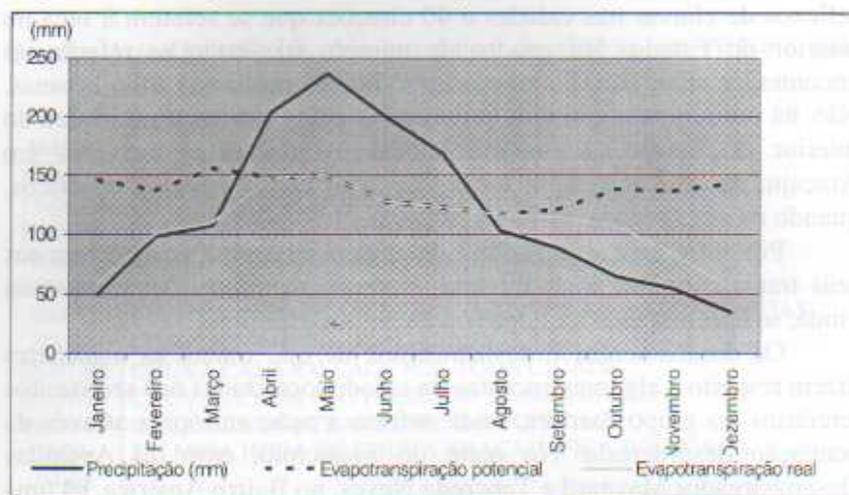
Entretanto, o fator preponderante de fato é o alagamento das ruas com dificuldade para o tráfego de veículos, em função do precário sistema de drenagem e de sua manutenção causando o entupimento de bueiros e bocas de lobo. As principais vias de acesso ficando alagadas, provocam problemas nos veículos pequenos, nos ônibus e nas próprias pessoas, com algumas colisões.

Em alguns casos, as chuvas são bem vindas, especialmente quando vêm normalizar o abastecimento de água das cidades, pondo fim ao racionamento provocado pelos períodos maiores de seca.

Outra perspectiva analisada foi resultado de cálculos e representação gráfica do balanço hídrico constante na figura 01, donde se infere uma comprovação válida de que há realmente um déficit

hídrico ao longo do ano, correspondente ao período de agosto a abril, com a evapotranspiração real inferior a evapotranspiração potencial. Alerta-se que são nove meses (75%) de ocorrência. Ou seja, somente registra-se situação hídrica confortável, em três meses do ano.

Figura 1 – Balanço hídrico do município de Aracaju/SE



Organização: Fábía Verônica dos Santos, 2001.

Outros resultados alcançados no presente estudo, mais restritos quanto ao período em análise, e ampliados quanto ao número de elementos permitem as conclusões seguintes, apresentadas de forma descritiva e fundamentadas na tabela 02.

A temperatura da área se comporta como as demais localizadas nos trópicos, invariável ou variando de forma imperceptível. De um modo geral, só dois fatores explicam sua queda: a precipitação pluvial, com a liberação do calor latente e as correntes de ar. Daí ser rotineiro chamar-se o período chuvoso de inverno.

Observa-se que nos três primeiros meses do ano (de janeiro a março) quando a pluviosidade diminui, a temperatura média se eleva, sendo também o mesmo período que apresenta a menor umidade relativa (inferior a 77%), acompanhada de ventos com velocidade em torno de 7,0 nós.

Tabela 2 – Variação rítmica anual dos elementos do clima no município de Aracajú de 1985 a 1997

MES	TEMPERATURA			UMIDADE RELATIVA			VENTO VELOCIDADE (NÓS)
	MÁX	MÍN	MÉD	MÁX	MÍN	MÉDIA	MÉDIA
Jan	30.6	25.5	28.0	87.8	65.6	76.7	7.2
Fev	30.7	25.6	28.1	87.1	65.3	76.2	6.9
Mar	30.8	25.5	28.2	87.8	66.4	77.1	6.7
Abr	30.2	25.0	27.6	90.2	69.2	79.7	6.2
Mai	29.4	24.1	26.8	90.3	70.0	80.2	5.8
Jun	28.3	23.5	25.9	90.2	71.2	80.7	6.4
Jul	28.0	22.8	25.4	91.5	69.9	80.7	6.7
Ago	27.7	22.8	25.2	91.8	70.2	81.0	7.1
Set	28.2	23.4	25.8	90.6	69.6	80.1	7.2
Out	29.0	24.2	26.6	89.3	69.1	79.2	7.7
Nov	29.6	24.7	27.2	88.3	67.7	78.0	7.9
Dez	30.0	25.1	27.5	88.1	67.7	77.9	7.4

FONTE: INFRAERO - Organização: Josefa Eliane S. de S. Pinto

Deve-se salientar, que as chuvas têm o seu principal acontecimento concentrado nos meses de abril a agosto, ocorrendo maior expressividade, quase sempre, em maio. No período compreendido entre setembro e março se verificam os menores índices pluviométricos.

Por sua vez, acontece que o mês mais chuvoso – maio -, coincide com a menor velocidade do vento (5,8 nós). Já o período que apresenta a menor temperatura, meses de julho e agosto, registra um maior percentual de umidade relativa do ar, por conta obviamente da redução da capacidade higrométrica, sendo fevereiro o mês com maior umidade relativa.

Em relação ao mês de dezembro, observam-se os menores índices pluviométricos, associados a temperaturas médias elevadas, umidade relativa em torno da média e as mais expressivas velocidades do vento.

Analisando as informações da tabela 03, tem-se a inferir que ventos mais velozes foram registrados nos meses iniciantes do ano cronológico. Por exemplo em 1985, início das informações, ocorreu a partir de outubro o registro de velocidade superior a 6,0 nós -

excetuando-se dezembro -, decaindo de fato a partir de fevereiro. Abril e maio tiveram índices insignificantes no contexto geral.

Tabela 3 – Velocidade mensal dos ventos no município de Aracaju/SE de 1985 a 1999

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1985	6,2	4,0	4,1	1,6	1,8	3,6	4,8	5,0	5,0	6,3	6,6	4,7
1986	5,7	4,7	3,9	4,2	4,6	4,2	5,7	6,4	7,2	6,5	6,6	7,3
1987	6,0	6,3	5,5	4,7	4,8	4,3	4,7	5,6	5,5	7,2	7,8	7,5
1988	6,8	6,5	6,9	5,7	5,4	6,2	6,4	7,4	6,7	7,0	6,6	6,1
1989	7,7	7,8	7,5	6,1	6,4	6,5	7,5	7,2	7,3	7,4	7,8	6,8
1990	7,6	8,0	7,9	7,6	7,1	7,5	6,5	6,4	6,5	6,6	6,8	5,9
1991	6,0	5,9	6,6	5,9	6,6	6,1	7,2	8,4	8,1	7,6	8,4	7,5
1992	7,8	7,5	6,9	6,9	6,6	6,5	7,2	7,4	7,6	8,0	8,6	7,7
1993	7,9	7,9	8,0	7,4	6,5	7,2	7,2	7,4	7,9	8,4	8,6	8,4
1994	8,1	7,4	7,1	5,6	5,6	5,1	6,5	6,9	7,5	8,2	8,3	8,2
1995	6,7	6,6	8,6	7,4	6,9	6,2	7,5	7,0	7,8	8,4	8,2	9,2
1996	8,2	7,8	6,1	5,9	5,5	7,7	6,4	7,3	7,6	7,8	7,1	7,6
1997	7,3	7,4	6,1	9,6	5,7	5,9	8,0	9,5	9,2	10,2	10,0	9,6
1998	9,6	9,6	9,6	9,2	9,1	15,1	8,8	8,1	8,5	9,7	10,1	8,6
1999	6,6	6,6	5,8	5,1	5,1	4,1	5,5	5,9	6,3	6,2	6,8	6,5
MÉD	7,2	6,9	6,7	6,2	5,8	6,4	6,7	7,1	7,2	7,7	7,9	7,4

FONTE: INFRAERO - Organização: Josefa Eliane S. de S. Pinto

Nos anos subsequentes, repete-se a situação, aparecendo pequenas irregularidades. Outro fato verificado foi o crescente nos nós mensais dos anos de 1997 e 1998, superando os anômalos 9,0 nós.

Quanto a direção mensal predominante do vento em Aracaju, é de sudeste, havendo algumas modificações eventuais, segundo dados da INFRAERO.

Finalmente, do ponto de vista da gênese da circulação, analisada em estudos anteriores, as precipitações sobre o NEB são de caráter predominante convectivo, característico das regiões tropicais. Assim, as chuvas apresentam grande variabilidade, tanto espacial quanto temporal.

“A faixa costeira leste do NEB, que estende-se desde o Rio Grande do Norte ao sul da Bahia, também conhecida como Zona da Mata, apresenta clima quente e úmido, totais

pluviométricos elevados (1500–2000 mm anuais), chuvas máximas no outono e inverno e um período curto na primavera e verão”.

(Pinto, Santos e Sousa, 2000, p. 645)

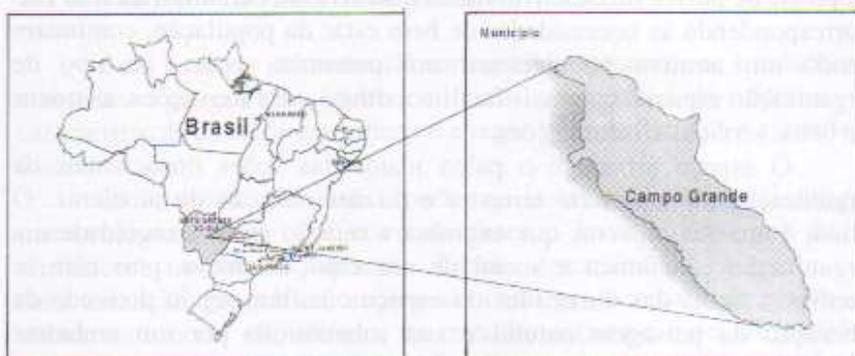
O ritmo combinado da atuação dos elementos climáticos que provocam reposições hídricas, articulados entre si, é decorrente dos mecanismos dinâmicos que favorecem a atividade pluviométrica do Litoral Leste do NEB que são: os distúrbios do leste (Yamazuki e Rao, 1977); as linhas de instabilidade associadas as brisas marítimas e terrestre (Kousky, 1980; Cavalcanti e Kousky, 1982; Cohem *et al.*, 1989); Alta subtropical do Atlântico Sul (Strong, 1983); sistemas frontais (Kousky, 1979) e os vórtices ciclônicos dos altos níveis (Gan e Kousky, 1986).

BIBLIOGRAFIA

- AYOADE, J.O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. São Paulo: DIFEL, 1986.
- CAVALCANTI, I.F.A.; KOUSKY, V.E. *Influências da circulação de escala sinótica em circulação da brisa marítima na costa N-NE da América do Sul*. São José dos Camis, INPE, 1982.
- COHEM, I.C.P.; SILVA DIAS, M.A.F. da; NOBRE, Carlos A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. *Climanálise*, 4 (11): 34 – 39, 1989.
- FRANÇA, Vera L.A. *Aracaju: estado & metropolização*. Aracaju: Editora da UPS, 1999.
- GAN, A.M.; KOUSKY, V.E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no Oceano Atlântico Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*. Vol. 1: 19 – 28, 1986.
- GARCIA, Felipe Fernández. *Manual de climatologia aplicada (clima, medio ambiente Y planificaci6n)*. Espanha: EDITORIAL SINTESIS, S. A. 1996.
- GONÇALVES, Neide M.S. *Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador/Ba*. São Paulo, 1992. Tese (Doutorado) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Sociais, Universidade de São Paulo.
- KOUSKY, V.E. *Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil*. *Monthly Weather Review*, 108 (4): 488 – 498, 1980.
- KOUSKY, V.E. *Frontal influences in Northeast Brazil*. *Monthly Weather Review*, 107 (9): 1140 – 1153, 1979.

- MONTEIRO, C. A. de F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática: algumas considerações metodológicas a propósito do Brasil meridional. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v.31, n.57, p. 29-44, 1962.
- _____. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, São Paulo, n.1, 1971.
- PINTO, J.E.S. de S. **Análise têmporo-espacial da pluviosidade no Estado de Sergipe**. São Paulo, 1985. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- _____. **Os reflexos da seca no Estado de Sergipe**. Aracaju: NPGeo/UFS, 1999.
- _____. **Os reflexos da seca no Estado de Sergipe**. São Paulo, 1997. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia do IGCE, UNESP.
- _____, SANTOS, Fábila V. dos, SOUSA, Inajá F. de. Variação rítmica dos elementos climáticos em Aracaju - Se. In: **XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**. (11.: Rio de Janeiro). CD-ROM... Rio de Janeiro: SBMET, 2000, p.641-646.
- SANT'ANNA NETO, João L. e ZAVATINI, João A. (Orgs.). **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: EDUEM, 2000
- SANTOS, Adelci F., ANDRADE, José A. **Delimitação e regionalização do Brasil semi-árido - Sergipe**. Aracaju: UFS, 1992.
- SANTOS, Fábila V. e PINTO, Josefa E.S. de S. Balanço hídrico: técnica (s), viabilidade (s) e propositura (s). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA** (12.:2001: Fortaleza). Anais ... Fortaleza: FUNCEME, 2001. p.405-406.
- STRONG, D.M.G. **Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste do Brasil**. São José dos Campos, CTA, 1972.
- YAMAZUKI, Y.; RAO, V.B. *Tropical cloudiness over the south atlantic Ocean*. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, 55 (2): 205 -207, 1977.

O CLIMA URBANO DA CIDADE DE CAMPO GRANDE - MS



VICENTINA SOCORRO DA ANUNCIACÃO
JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO

INTRODUÇÃO

As anomalias que as cidades provocam na temperatura e na umidade do ar são conhecidas desde o século passado. Muitos estudos vêm sendo realizados buscando explicar as relações entre a urbanização e estas variações em diferentes escalas climáticas.

O desenvolvimento destes estudos tem sido mais acentuado na segunda metade do século XX, quando se verificou uma forte tendência de incremento do processo de urbanização e, conseqüentemente, declínio da qualidade de vida urbana, principalmente nas regiões tropicais de países subdesenvolvidos. Estas regiões urbanas, mesmo não correspondendo às necessidades de bem estar da população, continuam sendo um atrativo populacional em potencial, pois é o tipo de organização espacial que mais facilita a difusão das inovações, as trocas de bens, serviços e informações.

O espaço urbano é o palco maior das ações impactantes, da organização da superfície terrestre e da deterioração do ambiente. O clima é um dos aspectos que expressa a relação entre a sociedade e a organização econômica e social de um espaço urbano, pois este se configura numa das dimensões do espaço citadino, sendo derivado da alteração da paisagem natural e sua substituição por um ambiente construído. De acordo com Christofolletti (1997):

“O impacto direto e imediato no meio consiste na mudança paisagística, substituindo o cenário expressivo da cobertura vegetal pelo do casario e ruas, com a aglutinação de um contingente populacional”.

Christofolletti (1997:133)

A cidade de Campo Grande outrora pequena e pacata, um arraial, hoje aos 102 anos, tem uma população de mais de 600.000 habitantes. Palco de grandes transformações ao longo dos anos, está situada na porção central de Mato Grosso do Sul, na Serra de Maracaju e sua altitude média é de 540m acima do nível do mar. Seu relevo é levemente ondulado de forma tabular e se localiza entre as bacias dos rios Paraná e Paraguai.

A história da cidade iniciou-se no século XIX, com a instalação de fazendas formadas por mineiros atraídos pela zona de pasto nativo descrita pelos desbravadores. Sua ocupação urbana teve início na confluência dos córregos Prosa e Segredo. Atualmente Campo Grande é uma cidade de grande porte, a mais populosa do Estado, tendo como componente básico de sua economia a pecuária e o setor terciário.

Tal ocupação urbana alterou a paisagem primordial da região e revela problemas ambientais próprios dos grandes centros urbanos da atualidade.

1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com base no instrumental cartográfico setorizou-se a cidade em ambientes geográficos distintos com o intuito de definir as características da estrutura urbana e chegar às especificidades climáticas locais.

Os setores de área para a instalação de mini-abrigos meteorológicos com o objetivo de fazer o levantamento dos dados climáticos na malha urbana, foram determinados a partir da caracterização geográfica, análise da carta geotécnica e da planta da cidade com cotas altimétricas, de trabalho a campo e de informações sobre a configuração urbana junto ao Instituto Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente (PLANURB).

As localidades definidas como universo de análise foram os seguintes bairros: Moreninha, Itanhangá Park, Parque dos Poderes, Estrela do sul, Centro, Indubrasil, Jardim Monumento e estação meteorológica da Base Aérea.

A localização dos mini-abrigos, inseridos na malha urbana de Campo Grande buscou identificar e compreender as relações dos fatos termodinâmicos dentro da cidade com os fatos específicos da própria condição urbana, além da influência da topografia combinada à urbanização e evolução da morfologia urbana.

Procurou-se manter um mini-abrigo em cada ponto estratégico na cidade, levando em consideração o caráter da vida da cidade, sendo que, a combinação das características de cada uma veio revelar as peculiaridades climáticas, expressas nas variações da temperatura e da umidade relativa.

Para verificar se o processo de urbanização e a expansão territorial de Campo Grande influenciaram nas alterações do clima local, gerando derivações no ambiente urbano, foi realizada uma análise temporal dos elementos climáticos, temperatura, umidade, pressão, vento e precipitação no período de 1961 a 1999. Através de médias mensais, sazonais, anuais e medidas de tendência central e de dispersão (desvio padrão) para a análise da variabilidade temporal destes parâmetros e permitiu delinear as características gerais do inverno e verão, compreender a gênese e dinâmica climática do espaço em questão e associar as medições locais de temperatura e umidade intraurbana.

Na cidade de Campo Grande, no geral o verão se caracteriza por temperaturas altas, precipitação e umidade relativa elevadas. A circulação dos ventos advém dos quadrantes Norte e Leste envolvendo completamente a malha urbana.

No verão, a temperatura média é de 25,2°C e as temperaturas máximas absolutas oscilam entre 35,8°C e 37°C, ao passo que as temperaturas mínimas absolutas variam entre 9,8°C e 12,8°C. A precipitação apresenta valores elevados, em média 552,9 mm. Já os registros de umidade relativa do ar e pressão atmosférica apresentam pouca variabilidade e sempre registros altos.

Os ventos no mês de janeiro são predominantemente do quadrante Norte, ao passo que nos meses de fevereiro e março passam a ter direção Este. Os sistemas atmosféricos predominantes são as massas tropicais, tanto a Continental quanto a Atlântica e equatorial Continental.

Referindo-se especificamente ao verão de 2000, no mês de janeiro, a temperatura apresentou oscilação entre 19°C a 35°C, sendo a amplitude térmica no mês de 16°C. A umidade relativa entre 41% e 100%, a precipitação totalizou 7,2 mm, os ventos predominantes neste mês foram dos quadrantes Norte e Noroeste e o sistema atmosférico predominante foi Tropical Continental.

O mês de fevereiro apresentou temperaturas oscilando entre 23°C e 35°C, sendo que a amplitude térmica no mês foi de 12°C. A umidade relativa do ar apresentou variabilidade entre 54% e 100% a precipitação totalizou 0,4 mm e os ventos predominantes foram dos quadrantes Nordeste e Este. O referido mês esteve sob domínio do sistema atmosférico tropical Atlântico.

A oscilação da temperatura para o mês de março esteve entre 22°C e 34°C, apresentando amplitude de 12°C. A umidade relativa variou entre 48% e 100% e a precipitação, totalizou 72 mm, a circulação dos ventos foi predominantemente dos quadrantes Nordeste e Este e os sistemas atmosféricos atuantes foram tropical Atlântico e equatorial Continental.

O verão de 2000 foi caracterizado por mudanças bruscas nos tipos de tempos, oscilação de temperatura, pressão e umidade relativa do ar, de amenas a elevadas repentinamente. Essa instabilidade foi causada por variados sistemas atmosféricos e direções de ventos. Entretanto, as massas Continentais (tropical e equatorial) como era de se supor, são muito freqüentes nesta época do ano.

O inverno na cidade de Campo Grande apresenta basicamente características de temperaturas brandas a baixas, os índices de precipitação também são baixos, comportando-se no mesmo ritmo a umidade relativa e a pressão atmosférica do ar. A direção do vento é predominante do quadrante Leste.

A temperatura média de inverno oscila entre 20,3°C e 22,2°C, a temperatura máxima absoluta varia entre 34,8°C e 39°C ao passo que a temperatura mínima absoluta entre -1°C e 3°C. A precipitação apresenta valores médios registrados de 108,7mm. A variabilidade dos registros de umidade relativa está entre 58,5% e 70,9%. O vento predominante é da direção Leste, sendo que os quadrantes Norte, Nordeste, Sul e Sudeste também apresentam participação.

Com relação ao inverno de 2000, o mês de junho apresentou variabilidade na temperatura entre 16°C e 32°C, sendo a amplitude térmica no mês de 16°C e a umidade relativa entre 37% e 100%. Houve precipitação de 0,2mm. Os ventos predominantes neste mês tiveram direção Nordeste e Leste e o sistema atmosférico predominante foi a massa tropical Atlântica.

No mês de julho, a amplitude térmica foi de 21,2°C, pois a oscilação da temperatura esteve entre 2,0°C e 23,8°C, a umidade relativa apresentou variabilidade entre 22% e 100%. Os ventos predominantes foram do quadrante Leste e Sudeste e a massa polar Atlântica foi o sistema atmosférico mais atuante no referido mês.

As características climáticas no mês de agosto foram de predomínio da massa tropical Atlântica, ocasionando o seguinte comportamento atmosférico, a amplitude térmica foi de 22°C, pois a

temperatura apresentou variabilidade entre 12°C e 34°C, a oscilação da umidade relativa foi entre 27% e 100%. Os ventos predominantes foram dos quadrantes Nordeste e Leste.

Nesse inverno, as penetrações do sistema polar Atlântico foram mais intensas sobre a cidade, antecedida de passagens de frente polar, sendo que a posição latitudinal do espaço enfocado faz com que o sistema polar sofra tropicalização acentuada. A circulação atmosférica sofre também, interferência dos anticiclones tropicais, com destaque para o sistema tropical Atlântico.

Através da análise rítmica e com o apoio das cartas sinóticas de superfície, foram identificados os sistemas atmosféricos atuantes em Campo Grande no verão e inverno de 2000, tornando possível a compreensão da gênese e dinâmica climática vinculada as medições locais da temperatura e umidade intraurbana, apontando indícios de clima urbano.

2. ANÁLISE DO CLIMA URBANO DE CAMPO GRANDE

A coleta dos dados higrotérmicos medidos em 8 pontos da cidade, foi realizada em diferentes situações diárias (7:30h, 9h, 12h, 15h, 18h e 21h), e sazonais (verão: janeiro, fevereiro, março; inverno: junho, julho, agosto de 2000) e diferentes tipos de tempo no ambiente urbano. Isto possibilitou a identificação dos principais fatores locais e urbanos na formação do clima da cidade de Campo Grande.

A compreensão das anomalias da temperatura e umidade relativa foi associada ao tipo de ocupação do solo, densidade de arborização, exposição de vertente e altitude.

No verão, os pontos localizados em fundo de vales, seguidos pelos das vertentes voltadas para o quadrante Oeste e Leste, além dos pontos com altitude baixas, principalmente nos de alta densidade de construção e praticamente sem arborização nas ruas e fundos de quintais, foram os locais mais quentes e com menor umidade relativa. Os registros de temperaturas brandas e maior umidade relativa foram medidos nos pontos de altitudes mais elevadas e de vegetação densa.

As diferenças de aquecimento entre os pontos com altitude semelhante no verão, são atribuídas a densidade de construções e arborização. Neste caso, nota-se o papel do uso e ocupação do solo, já

que nesta estação as temperaturas são mais constantes, não havendo tantas oscilações, no mesmo horário, como no inverno.

É importante enfatizar que a oscilação de maior ou menor aquecimento entre os pontos de coleta, principalmente nos horários entre 7h e 9h, dependeu da direção do vento que ora apresentava as características mais locais, pontuais, ora trazia as características do entorno relativamente próximo. Os fundos de vale, com baixa densidade de construção tiveram temperaturas mais baixas e maiores umidades relativas. O oposto foi observado nas áreas densamente construídas, sendo expressivo a área do Indubrasil.

Nos horários entre as 12h e 15h, a amplitude térmica e a umidade relativa intra-urbana foram elevadas. As temperaturas mais elevadas e as menores umidades relativas foram registradas nos pontos com baixa densidade de arborização, tanto nos pontos com maior, como nos de menor densidade de construções, (Moreninha e Jardim Monumento).

Os menores aquecimentos e as maiores umidades relativas foram encontrados nas áreas vegetadas e com menor densidade de edificações, além dos pontos densamente construídos, mas com vegetação arbórea. Estas características foram verificadas no Parque dos Poderes e na Base Aérea.

O período em que houve diminuição da amplitude térmica intra-urbana foi entre as 18h e 21h. Os pontos que estavam com temperatura mais elevada (densamente construídos e baixa densidade de arborização e/ou ausência dela) continuaram quentes e com menor umidade relativa.

As características higrotérmicas no verão apresentaram-se com temperaturas elevadas e baixas umidades em praticamente todos os horários, atingindo o máximo, na maioria dos dias, entre as 12h e 15h, principalmente nos horários de maior insolação e de maior aquecimento diurno.

Os principais fatores responsáveis pelos pontos mais quentes foram áreas densamente construídas e com pequena quantidade de vegetação arbórea. Por outro lado, as áreas arborizadas e, em alguns casos, com alta densidade de construções, ou áreas com baixa densidade de construções e mesmo com arborização esparsa foram responsáveis pelas temperaturas mais baixas e pelas maiores umidades relativas. Verifica-se um nítido aquecimento de Oeste para Leste na cidade, acompanhado de menor a maior umidade relativa.

No inverno, os pontos em que as vertentes estão voltadas para sul as temperaturas apresentaram-se mais baixas, enquanto de norte foram as mais aquecidas. Ficam evidentes as características de ocupação do solo nesse fato, pois no inverno a vertente sul recebe menor incidência direta dos raios solares no início da manhã, o que faz com que fique entre os pontos com menor temperatura e maior umidade relativa. No verão, porém, a vertente sul, por receber intensa radiação associa-se a outros pontos de temperaturas mais elevadas, com grande densidade de construções.

As 7h, a temperatura mais elevada e os menores registros de umidade relativa foram encontrados nas áreas densamente construídas e nos fundos de vale com construções densas e fluxo de veículos intensos representados pelos pontos Estrela do Sul e Indubrasil. Porém os fundos de vale, com baixa densidade de construção apresentaram baixas temperaturas e altos registros de umidade relativa como pode ser verificado no Jardim Monumento.

A espacialização da temperatura e umidade relativa às 9h, reverteu-se, situação que está relacionada ao tipo de ocupação do solo. O maior registro de temperatura e o menor de umidade relativa estiveram nas áreas com baixa altitude baixa densidade de construção e com a vegetação escassa (Jardim Monumento); nesse horário esses locais recebem maior incidência dos raios solares. Os locais densamente construídos e de elevada altitude estiveram entre os pontos de menor temperatura, situação refletida no ponto Itanhangá Park.

Os horários entre 12h e 15h, são os de maior aquecimento dentro do ritmo diário da temperatura, pois a radiação solar é bastante intensa e a superfície emite densamente ondas longas, o calor recebido em horários anteriores, sendo às 15h o horário pico. Nestes horários as maiores temperaturas e menores umidades relativas foram observadas nos pontos mais densamente construídos, sendo ainda maiores nos pontos com baixa densidade de vegetação (Indubrasil e Moreninha). Os pontos com menores densidades de construções ou com densidades significativas de vegetação arbórea e gramíneas foram os que apresentaram as menores temperaturas (Parque dos Poderes e Base Aérea). Nota-se que ocorreu um acentuado aumento na amplitude térmica intra-urbana.

Essa situação deixa explícita a capacidade que os diferentes tipos de ocupação do solo têm em armazenar quantidade maior ou menor de

calor. Sendo o tipo de uso e ocupação do solo o fator responsável pelo maior ou menor aquecimento nesse horário, quanto mais edificações em um espaço, maior a absorção e a emissão de calor, sendo que a vegetação arbórea tem o papel importante de intensificar ou amenizar as temperaturas elevadas.

Entre as 18h e 21h, os pontos localizados em fundos de vale e os pontos de baixa altitude, principalmente os que têm baixa densidade de construção (Indubrasil e Estrela do Sul), apresentaram as temperaturas mais baixas e as maiores umidades relativas. Situação em que aconteceu contrária aos pontos com altitudes elevadas. Altas temperaturas e menores umidades relativas se diferenciaram também de acordo com o tipo de ocupação do solo. Verifica-se que os espaços com baixas densidades de construção liberam calor com maior facilidade para a atmosfera do que o espaço densamente construído, que armazena o calor por mais tempo.

Buscando caracterizar, a partir de medições tomadas em campo nos períodos e horários especificados, as variações espaciais da temperatura e umidade relativa de acordo com as diferentes estruturas urbanas em atuação de sistemas atmosféricos típicos, foram selecionadas e analisadas as cartas de isotermas e cartas de isoígras sob o domínio das massas de ar tropical Continental, tropical Atlântica, polar tropicalizada e equatorial Continental que atuaram no verão.

Para o inverno as cartas de isotermas e isoígras selecionadas foram em dias de predomínio do sistema atmosférico polar Atlântico e tropical Atlântico. Estes episódios foram os mais representativos da espacialização dos elementos do clima na malha urbana nas duas estações extremas de verão e inverno permitindo uma visão detalhada da gênese, dinâmica e resposta intraurbana dos elementos do clima.

Sob predomínio do sistema atmosférico tropical Continental no verão, ocorre um aquecimento generalizado da cidade com altos valores de temperatura e umidade relativa, (Figuras 1 e 2) características próprias desta massa de ar (quente e seca). A direção predominante do aquecimento urbano se deu de Oeste para Leste, de acordo com a penetração da massa atuante.

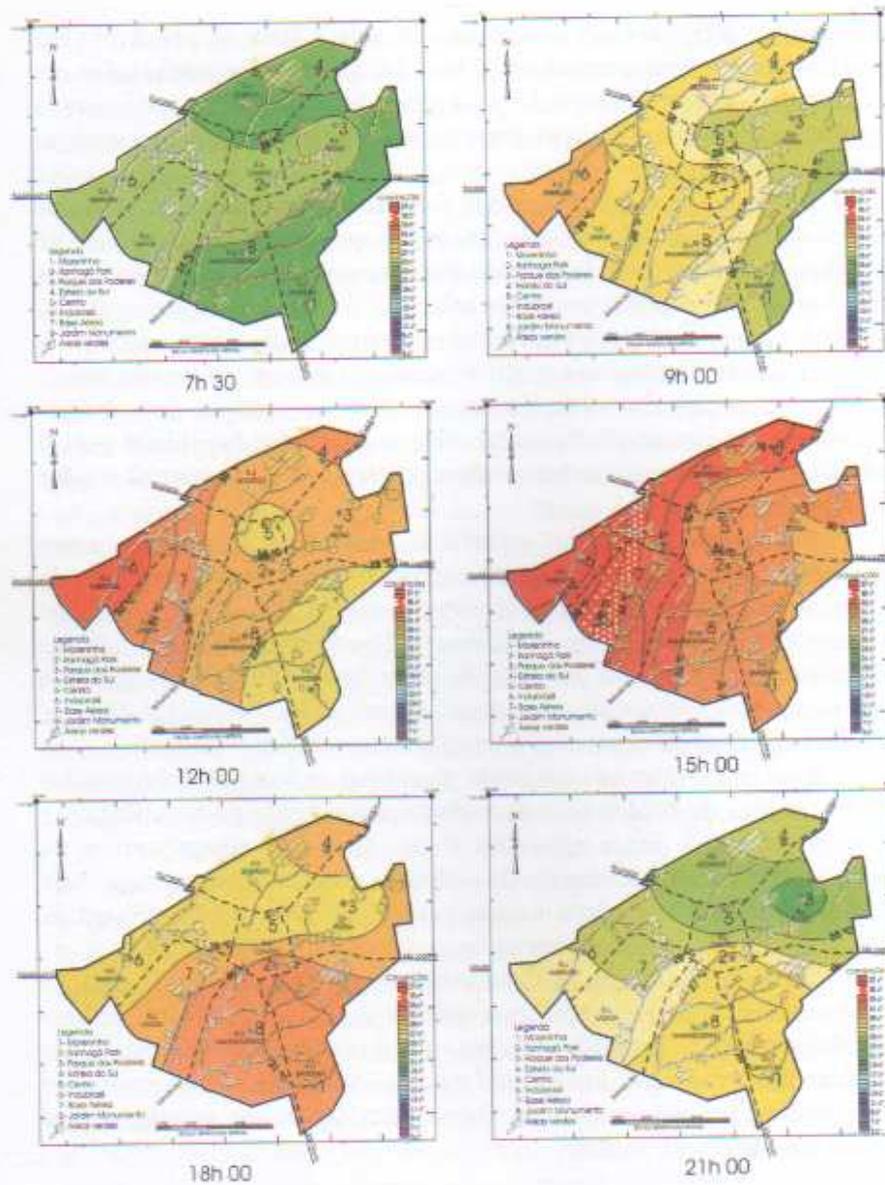


Figura 1 – Isotermas do verão: Domínio da massa Tropical Continental 26/1/00

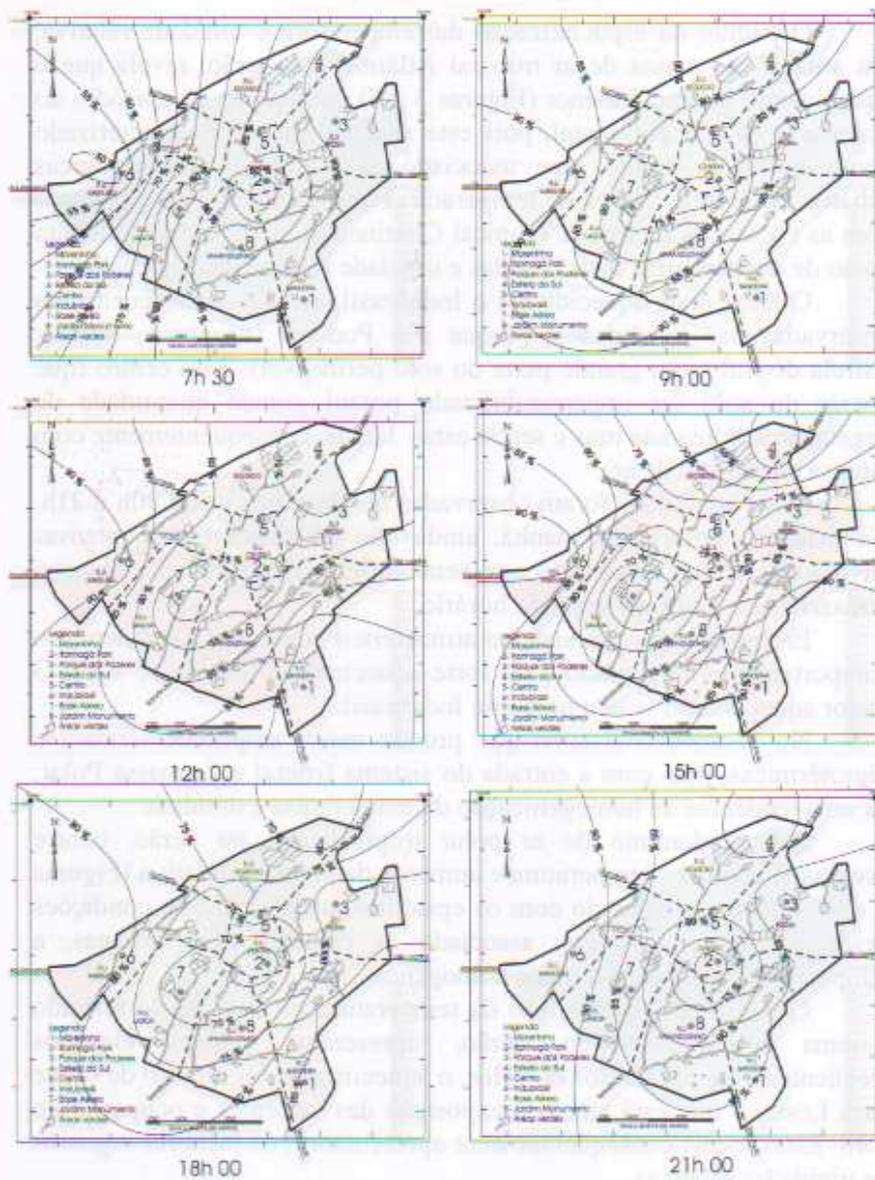


Figura 2 – Isofgras de verão, Domínio da Massa Tropical Continental (26/1/00)

O padrão da espacialização da temperatura e umidade relativa, em atuação da massa de ar tropical Atlântica no verão, revela que o aquecimento urbano é menor (Figuras 3 e 4) comparado ao episódio do sistema tropical Continental, pois este sistema atuante é caracterizado como quente e úmido, que associado às condições geoecológicas urbanas apresenta valores de temperaturas altos, entretanto, comparado com as condições da massa Tropical Continental, pode ser considerado como de temperaturas mais brandas e umidade relativa mais elevada.

O local mais aquecido foi o Indubrasil, e ilhas de frescor foram observadas nas localidades: Parque dos Poderes (vegetação densa); Estrela do Sul (com grande parte do solo permeável); e no centro (que apesar do solo ser impermeabilizado possui grande quantidade de vegetação arbórea nas ruas e sendo estas largas, conseqüentemente com intensa circulação de ar).

Essas condições foram observadas nos horários das 7:30h e 21h. No primeiro horário da manhã, ainda não estão ocorrendo intensas atividades da vida citadina, o que vem refletir o resfriamento noturno armazenado a partir do segundo horário.

Em predomínio do sistema atmosférico equatorial Continental o comportamento registrado é de forte aquecimento (Figuras 5 e 6). O maior aquecimento se deu no ponto Indubrasil.

No verão é o sistema que produz maior amplitude térmica e higrotérmicas, pois com a entrada do sistema frontal e da massa Polar, há uma tendência de homogeneização da temperatura e umidade.

Sob predomínio do ar polar tropicalizado no verão, ocorre acentuada queda na temperatura e aumento da umidade relativa (Figuras 7 e 8), quando comparado com os episódios anteriores. Sob condições deste sistema atmosférico, associado às características urbanas, a temperatura apresentou-se mais homogênea.

O padrão de distribuição da temperatura na atuação do referido sistema atmosférico no verão, apresentou valores elevados freqüentemente em fundos de vales, o aquecimento foi intenso de Oeste para Leste, o que está aliado à exposição das vertentes e ocupação do solo. Estes locais conseqüentemente apresentaram os menores registros de umidades relativas.

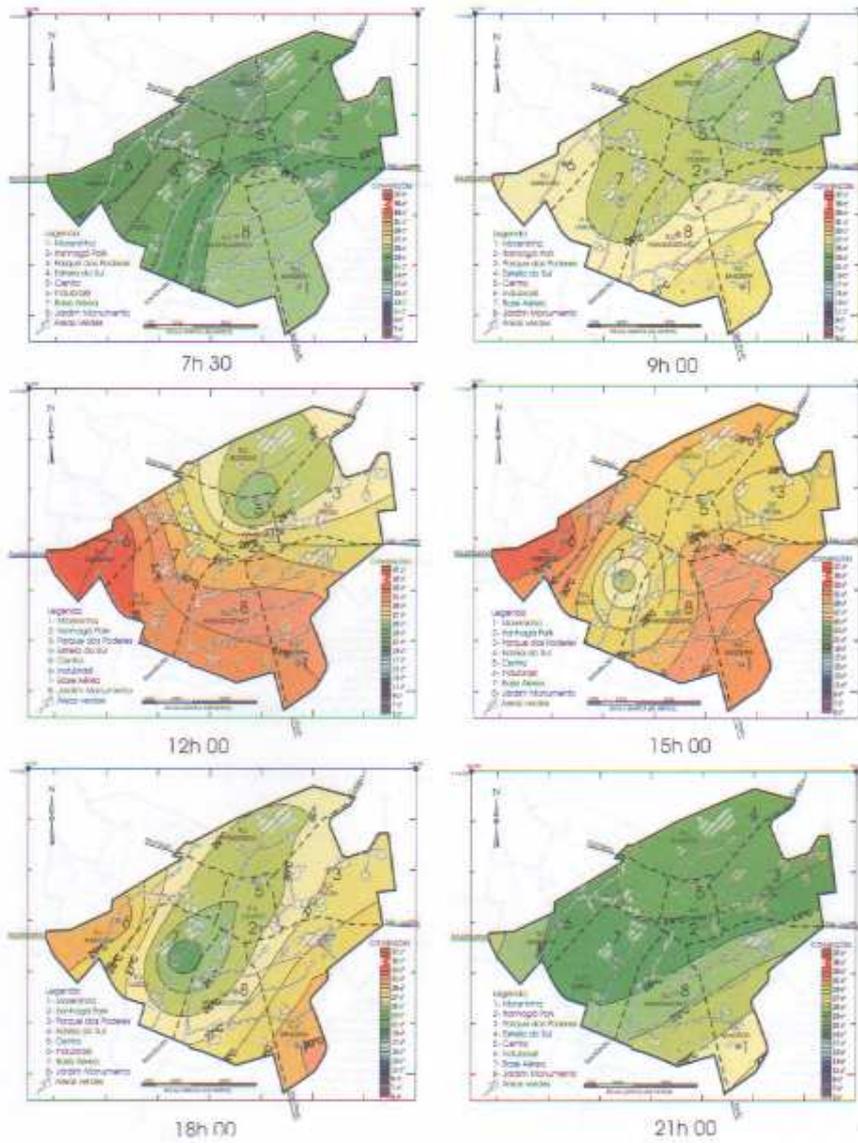


Figura 3 – Isotermas de verão. Domínio da Massa Tropical Atlântica

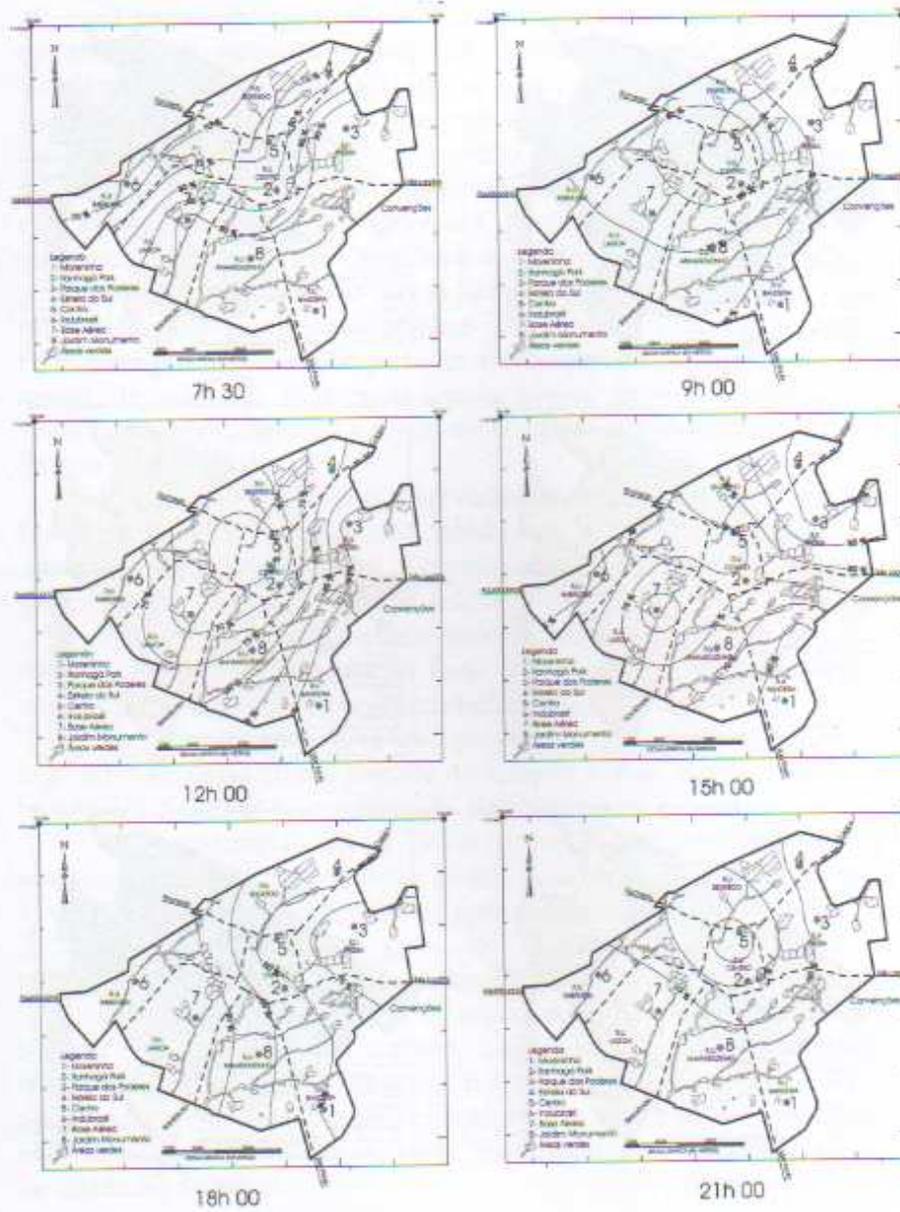


Figura 4 – Isoigras de verão. Domínio da Massa Tropical Atlântica

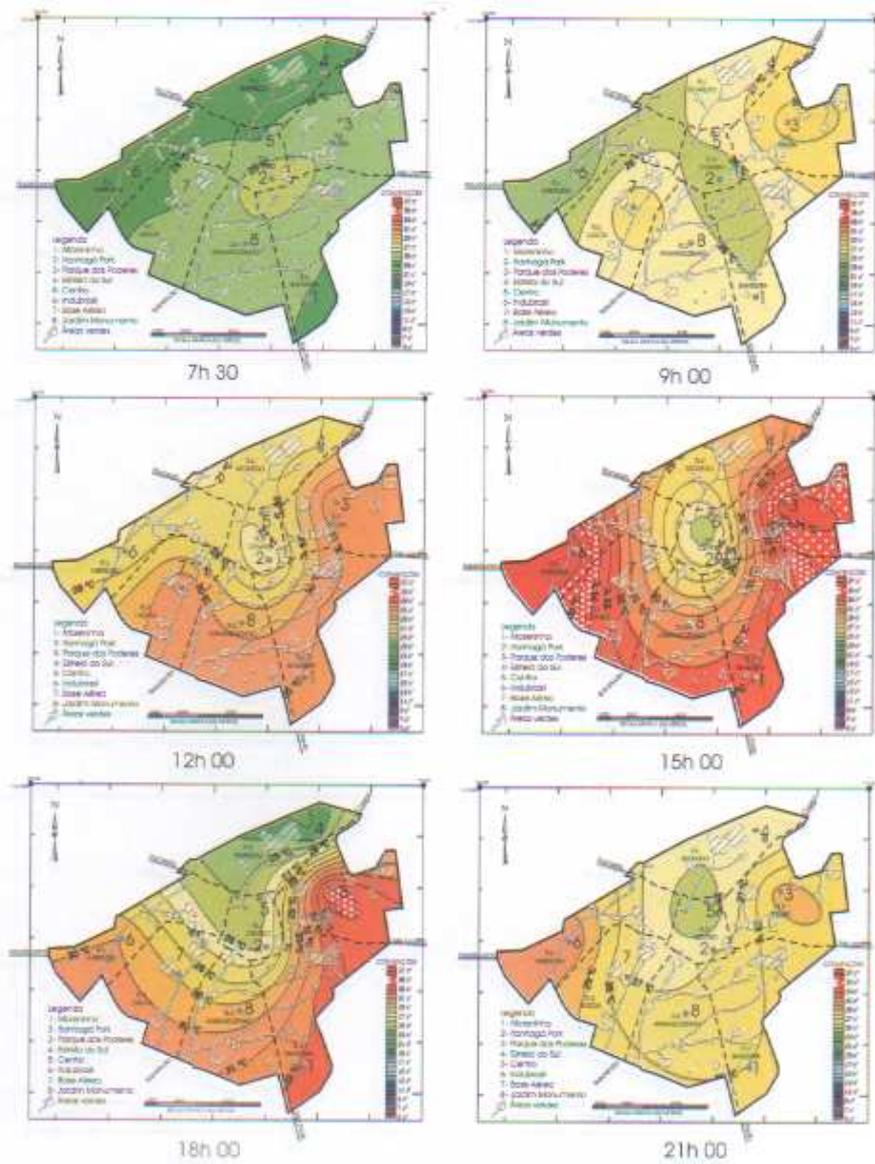


Figura 5 – Isotermas de verão, Domínio da Massa Equatorial Continental

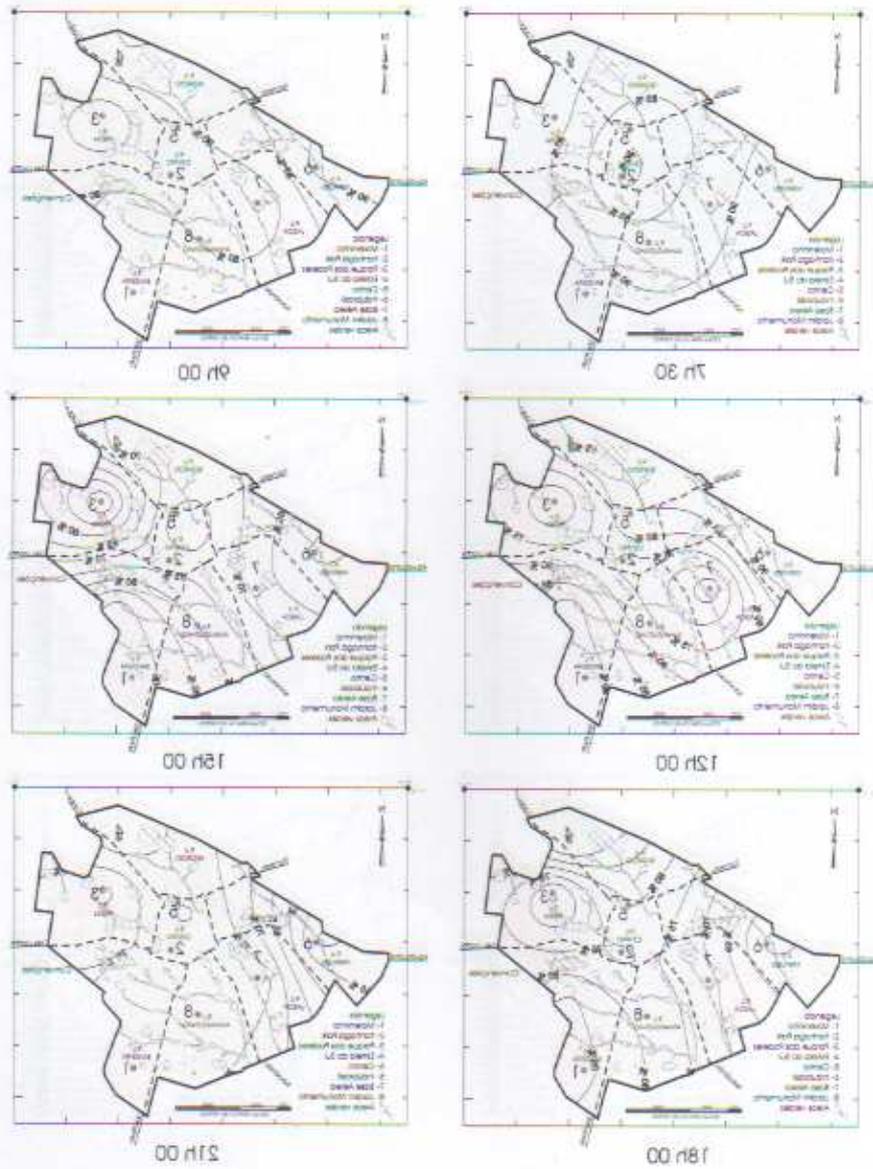


Figura 6 – Isoigras de verão. Domínio da Massa Equatorial Continental

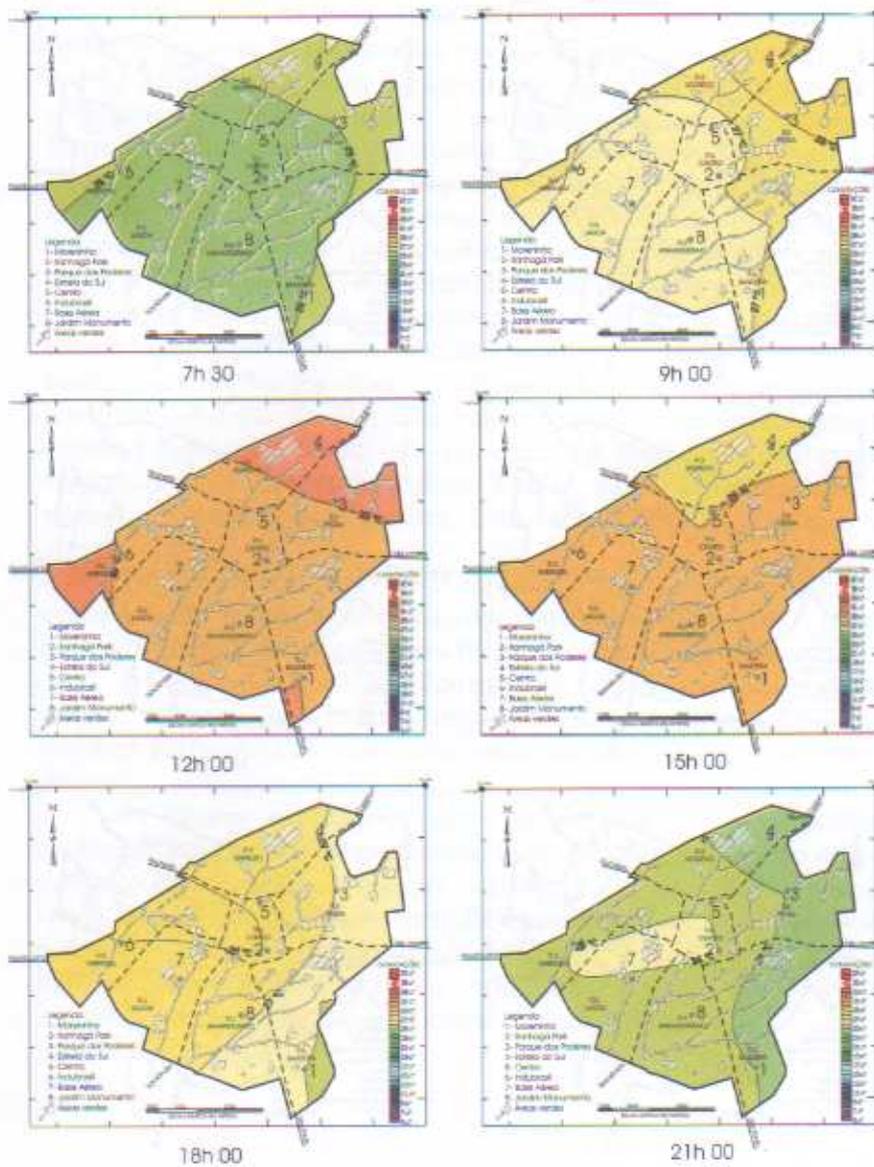


Figura 7 – Isotermas de verão. Domínio da Massa Polar Tropicalizada

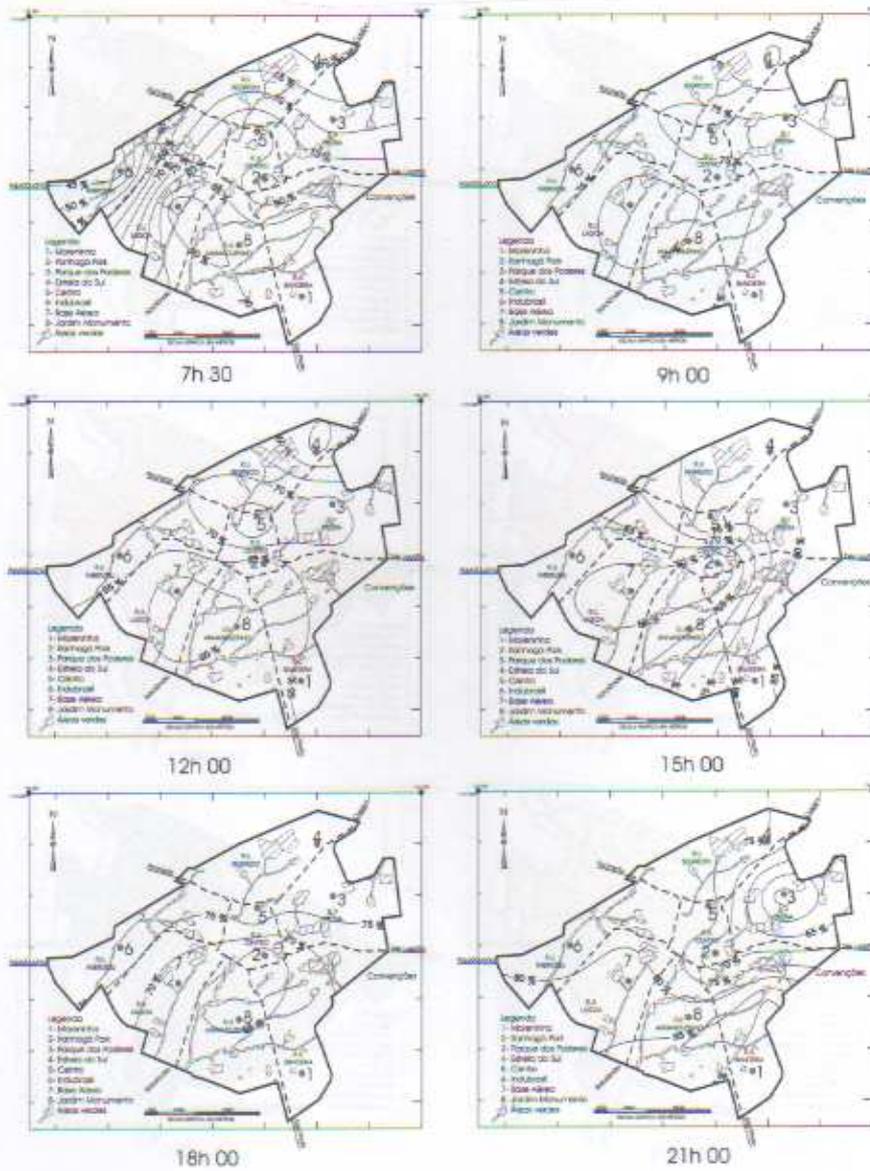


Figura 8 – Isoigras de verão. Domínio da Massa Polar Tropicalizada

Em atuação da massa de ar Polar atlântica no inverno ocorre um forte resfriamento da temperatura e umidade relativa elevada (Figuras 9 e 10). São acentuadas as características de massa fria e úmida. O resfriamento da malha urbana ocorreu predominantemente de Sul para Norte, de acordo com a penetração da massa polar. Os locais com grande representatividade de vegetação e também áreas que não são densamente construídas apresentaram valores de temperatura mais baixos, como Parque dos Poderes, Base Aérea e Jardim Monumento.

A espacialização da temperatura e umidade relativa sob o domínio da massa Tropical atlântica (inverno) apresentou valores de temperaturas altas e baixas umidades relativas (Figuras 11 e 12). Os locais mais aquecidos foram o Itanhangá Park, área densamente construída; Estrela do Sul, densamente construído e com vegetação esparsa; Indubrasil, fundo de vale com área industrial, densamente construído e com vegetação esparsa; Centro, solo impermeabilizado e; intensa atividade da vida cidadina. Essa característica higrótérmica foi observada às 15h.

No inverno as temperaturas elevadas e baixas umidades relativas ocorreram nos pontos localizados com vertentes voltadas para o Norte, pois, a incidência dos raios solares foi mais direta nesses locais.

A análise dos resultados conseguidos durante a investigação em campo, forneceu as diferentes respostas locais dos indicadores que refletem a influencia dos compartimentos morfológicos onde cada um se insere.

Os fatores explicativos para se compreender as anomalias climáticas urbanas de Campo Grande, estão relacionadas ao tipo de uso do solo, densidade de vegetação, altitude e exposição de vertentes, sendo que os tipos de tempo intensificaram e/ou amenizaram a situação enfocada. Contudo, os resultados obtidos, foram suficientes para apontar indícios dos principais aspectos originários de um clima urbano específico na cidade de Campo Grande.

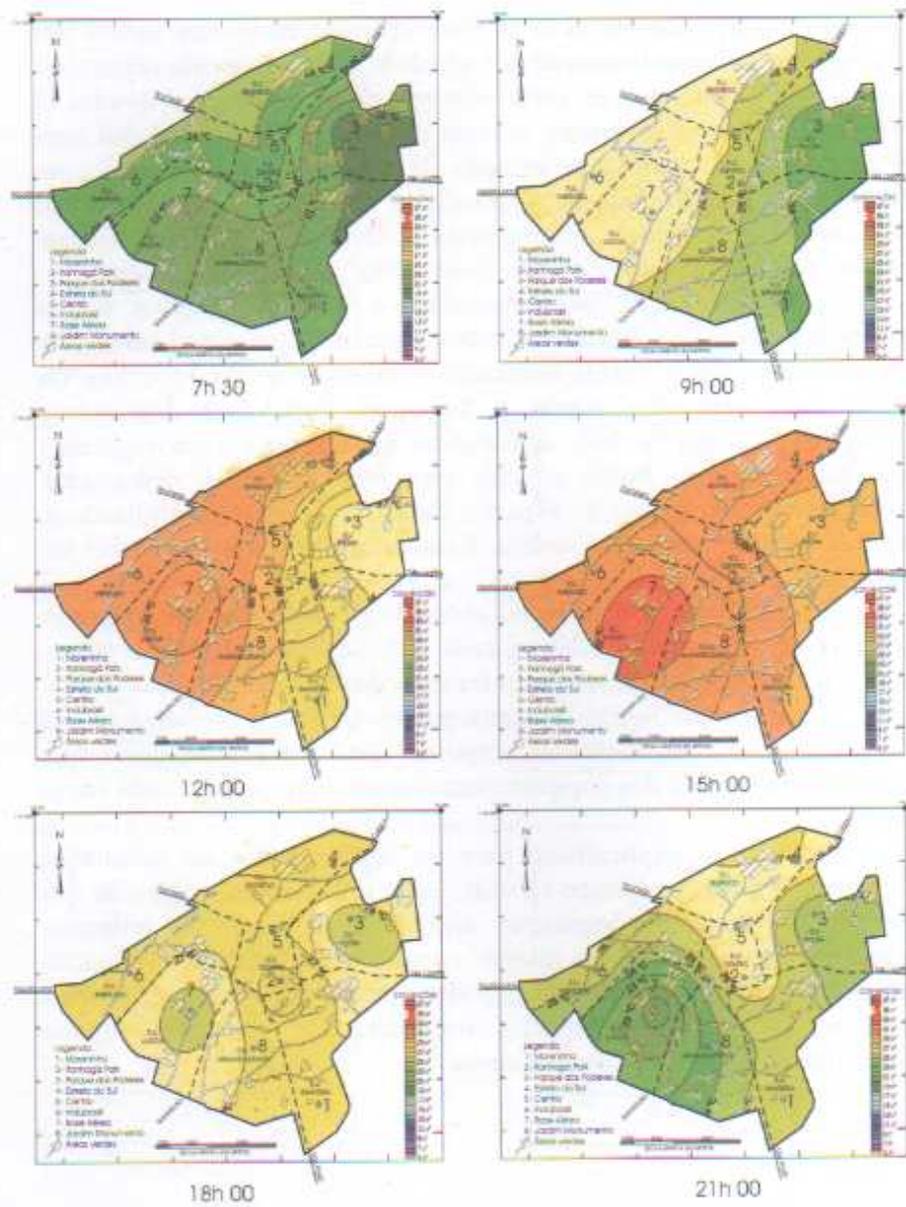


Figura 9 – Isotermas de inverno. Domínio da Massa Polar Atlântica

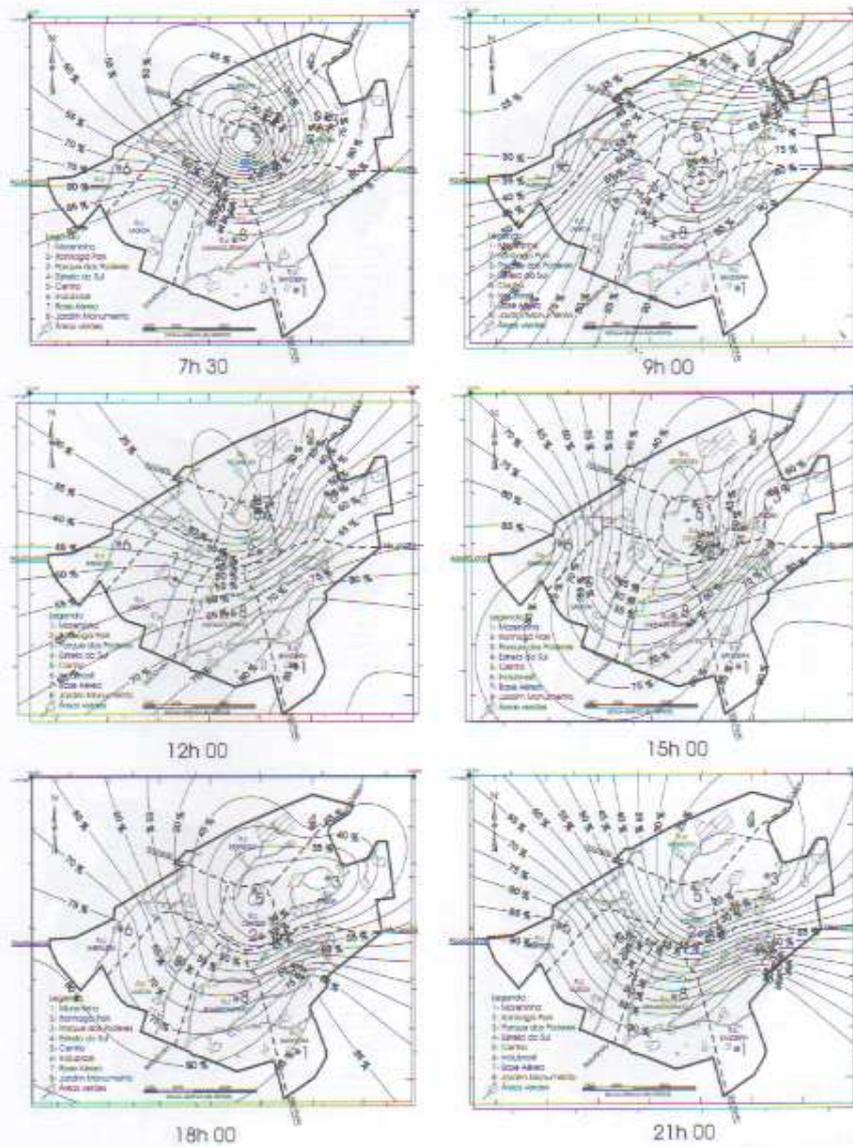


Figura 10 – Isoigras de inverno, Domínio da Massa Polar Atlântica

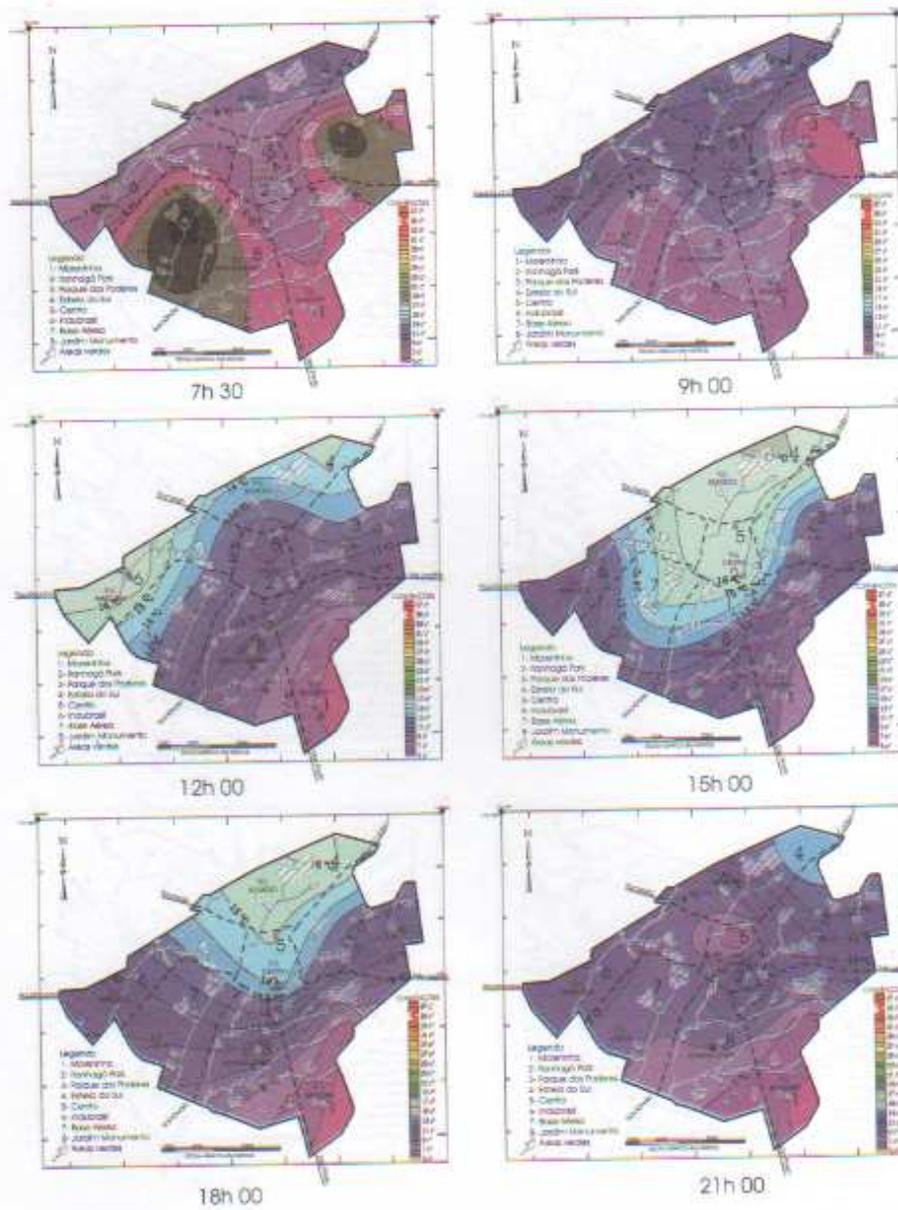


Figura 11 – Isotermas de inverno. Domínio da Massa Típica Atlântica

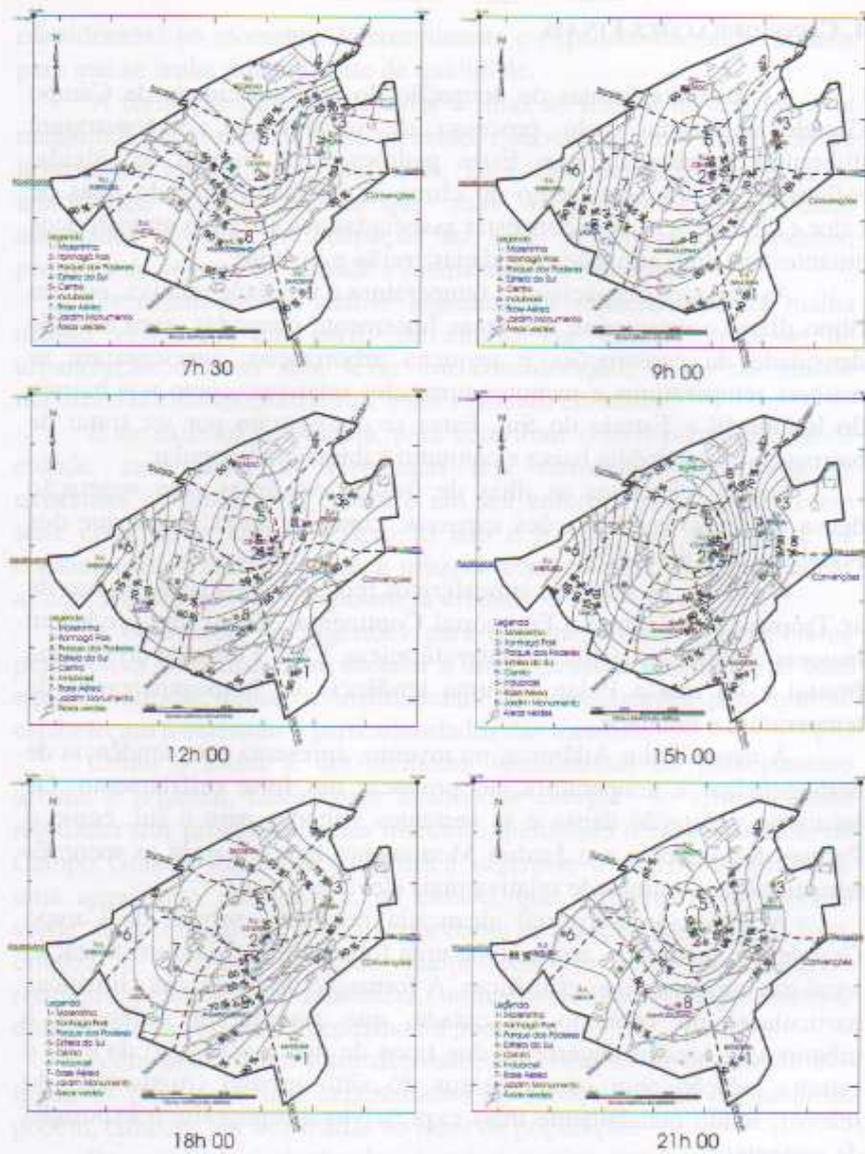


Figura 12 – Isoigras de inverno. Domínio da Massa Tropical Atlântica

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As distintas formas de ocupação do solo da cidade de Campo Grande explicadas pelo processo de urbanização, demonstraram diferentes padrões de uso. Estes padrões, sem sombra de dúvida, refletiram no comportamento do clima intra-urbano gerando ilhas de calor e de frescor, que podem estar associadas aos sistemas atmosféricos atuantes nas duas situações estudadas: verão e inverno:

As variações espaciais da temperatura e umidade relativa, em seu ritmo diário e estacional, nas áreas fortemente ocupadas, com elevada densidade de construções e pequena arborização, apresentaram as maiores temperaturas e menores umidades relativas, como nos bairros do Indubrasil e Estrela do Sul. Estes se configuram por ser tratar de bairros de classe média baixa e conjunto habitacional popular.

Foram relevantes as ilhas de frescor em áreas com vegetação densa (arbórea) e edificações esparsas, como as áreas do Parque dos Poderes e da Base Aérea.

No verão, os sistemas atmosféricos representados pelas massas de ar Tropical Continental e Equatorial Continental são os que produzem maiores amplitudes térmicas e higrotérmicas. Com a entrada do sistema frontal e da massa Polar, há uma tendência de homogeneização da temperatura e umidade.

A massa Polar Atlântica, no inverno, apresenta uma tendência de homogeneizar a temperatura, ao provocar um forte resfriamento. Os locais de vegetação densa e as vertentes voltadas para o sul, como o Parque dos Poderes e o Jardim Monumento apresentaram as menores temperaturas e a umidade relativa mais elevada.

A dimensão territorial alcançada pela área urbana de Campo Grande, na atualidade, testemunha uma forte influência da urbanização local nas características climáticas. A formação de condições climáticas particulares no contexto da cidade, que podem ser atribuídas à urbanização local é decorrente dos tipos de uso e ocupação do solo e estreita relação com os elementos do sítio urbano (rugosidade do relevo), sendo notadamente mais expressivos a topografia e exposição de vertentes.

As diferenças de temperatura e da umidade relativa entre os diversos tipos de ocupação do solo mostram que Campo Grande já possui especificidades do ponto de vista climático, que devem ser

consideradas no momento de crescimento e expansão da malha urbana, para que se tenha um ambiente de qualidade.

A formação de ilhas de calor e ilhas de frescor de considerável magnitude foi observada tanto na estação de verão quanto na estação de inverno na cidade como um todo. Esse fato dependeu do sistema atmosférico atuante, sendo que suas variações espaciais foram associadas ao tipo de ocupação do solo, exposição de vertentes, presença de vegetação, altitude e intensidade de radiação.

Os resultados da análise higrotérmica espacializada na malha urbana revelaram um perfil de cidade em que, o processo de urbanização ocorreu sem levar em consideração, como na grande maioria das cidades brasileiras, o seu contexto climático.

É de extrema relevância, para contribuir com o planejamento da cidade, caracterizar as diferenças dos elementos meteorológicos existentes no interior da cidade e em seu entorno, principalmente em suas correlações com o relevo, o uso e a ocupação do solo e os condicionantes geoambientais e urbanos com o intuito de diagnosticar as alterações presentes na atmosfera urbana.

A efetivação de sugestões para o planejamento urbano, numa perspectiva climática, deve suceder a uma discussão no âmbito de uma equipe multidisciplinar e institucional de planejamento para que se estabeleçam a extensão e particularidades das mesmas.

Como o clima é um elemento fundamental do planejamento urbano e regional, tanto como insumo de energia no sistema como regulador dos processos a eles inerentes, pensando o espaço urbano de Campo Grande sob a ótica climática sugere-se o desenvolvimento de uma arquitetura paisagística, na cidade, que valorize o emprego do verde, tanto criação de novas áreas como ampliação das atuais. Esta, otimiza o ambiente criando maior conforto termo-higrométrico, retirando poluentes da atmosfera, aumentando da umidade relativa, diminuindo os resíduos e reduzindo a poeira.

Além disto, outro fator derivado, é a redução da magnitude dos impactos pluviais e suas repercussões no espaço urbano. Essas áreas podem, também, ser destinadas ao lazer da população.

Os resultados alcançados nesta pesquisa convergiram para a constatação da importância que a arborização de ruas e fundos de quintais representam no conforto térmico e na melhoria das condições

gerais do ambiente, notadamente em áreas tropicais interiores, principalmente no verão.

Assim, é fundamental que nos loteamentos novos, a prefeitura assegure, através de legislação, um espaço para as áreas verdes e não se retire a vegetação original para a implantação da estrutura urbana, deixando-a como um elemento secundário na paisagem, como vem ocorrendo. Além disso, obrigatoriedade de reservar parte do terreno para essa finalidade permeável.

Outro fator que historicamente tem ocorrido na cidade, até através de reivindicação popular, é a canalização dos córregos. Isso em favor da valorização de alguns setores ou sua utilização para escoamento de esgoto "in natura", enquanto deveriam ser transformados em espelhos d'água, acompanhados de parques públicos, o que melhoraria as condições de umidade relativa e, conseqüentemente, o conforto térmico.

Uma outra medida importante, também a ser tomada, é o fomento ao transporte coletivo de qualidade em detrimento do particular, minimizando o calor e melhorando a qualidade do ar tanto nas áreas centrais, quanto nas vias de circulação intensa.

Essas, entre outras iniciativas, poderão contribuir para atenuar as anomalias termo-higrométricas e melhorar a qualidade ambiental urbana, levando a humanidade a perceber a importância das suas múltiplas relações de dependência com o espaço circundante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

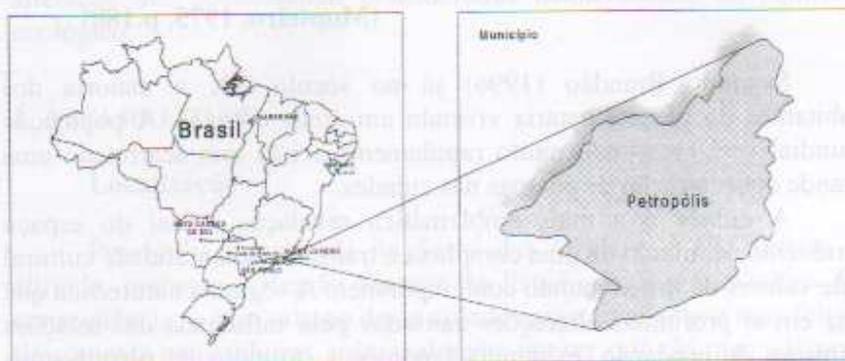
- ANUNCIACÃO, V.S. da. **O clima urbano de Campo Grande, MS.** Dissertação (Mestrado) UNESP, FCT, Presidente Prudente, 2001.
- CAMPO GRANDE. Instituto Municipal de Planejamento Urbano/ PLANURB. **Setorização das Regiões Urbanas.** Campo Grande, 1997.
- CAMPO GRANDE. **100 anos de construção.** Campo Grande: Matriz, 1999.
- CHRISTOFOLETTI, A. Impactos no Meio ambiente Ocasionados pela Urbanização Tropical. In: **Natureza e sociedade de Hoje.** São Paulo: HUCITEC, 1997, p. 127-138.
- CONTI, J.B. A Climatologia e a Defesa da Natureza. **Boletim Climatológico,** Presidente Prudente, n. 2, p. 5-10, 1996.
- LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.** São Paulo: HUCITEC, 1985.

- MACHADO, P.C. **A rua velha**. Campo Grande: Tribunal de Justiça de Mato Grosso do Sul, 1989.
- MONTEIRO, C.A. de F. Notas para o estudo do Centro-Oeste. **Rev. Bras. de Geog.**, Rio de Janeiro: IBGE, v. 13, n. 1, p. 3-46, 1951.
- _____. Teoria e Clima Urbano. **Teses e Monografias**, São Paulo, n.25, 1976.
- _____. **A questão ambiental no Brasil - 1960/1980**. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1981, 133p.
- _____. A interação homem natureza no futuro da cidade. *In: Geografia e Meio Ambiente*. São Paulo: HUCITEC, 1995, p. 371-395.
- OLIVEIRA NETO, A.F. **Nas ruas da cidade: um estudo geográfico sobre as ruas e as calçadas de Campo Grande**. Campo Grande: UFMS, 1999.
- SANT'ANNA NETO, J.L. Clima e organização do Espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, n. 2, p.119-131, 1998.
- SANTOS, M. **Metamorfose do espaço habitado**. São Paulo: Hucitec, 1991.
- ZAVATINI, J.A. **A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul**. Tese (Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 1990.



Lucy Pinto Back

**O CLIMA URBANO DE PETRÓPOLIS-RJ:
ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DAS
CHUVAS DE VERÃO NAS ÁREAS DE
RISCOS E NAS INUNDAÇÕES**



LUCY PINTO HACK

INTRODUÇÃO

A proteção da atmosfera terrestre tem sido atualmente considerada, em termos globais, como o maior desafio político de todos os tempos no campo das questões ambientais.

"A preocupação atual com a questão ambiente não se coloca em termos ilusórios de um mito de equilíbrio ecológico, mas de uma perspectiva real de adaptar o desempenho humano na modificação da face da Terra no sentido de ampliar o mais possível os recursos que ela nos oferece".

(Monteiro, 1975, p.180)

Segundo Brandão (1996) já no século XX a maioria dos habitantes do planeta estaria vivendo em áreas urbanas. A população mundial vem crescendo muito rapidamente e isto tem acarretado uma grande concentração de pessoas nas cidades.

A cidade é a mais emblemática revelação social do espaço produzido, resultado de uma complexa e transformada realidade cultural e de valores de nosso mundo contemporâneo. A segunda natureza, a que traz em si profundas alterações causadas pela influência das relações humanas de produção, evidencia fenômenos oriundos de perturbações climáticas.

Na análise ambiental urbana, deve-se considerar o espaço tridimensional, seus planos horizontais e verticais: o espaço aéreo, o solo urbano e o espaço subterrâneo. Em virtude da abrangência do climático e do urbano, a noção de espaço inclui o espaço concreto e tridimensional, onde atua a atmosfera e os espaços relativos necessários à compreensão do fenômeno urbano.

Segundo Monteiro (1975) o clima urbano é um sistema que compreende o clima de um determinado espaço territorial e sua urbanização. É um mesoclima que está inserido no macroclima e, que sofre, ao nível do solo, influências microclimáticas, provenientes dos espaços urbanos. Por outro ângulo, a cidade, bem como suas contradições internas, deve ser considerada parte integrante do espaço regional.

O clima urbano é produto de um conjunto complexo constituído de inter-relações da atividade ecológica natural, associada aos fenômenos urbanos.

Com base na premissa de que mudanças climáticas e transformações ambientais são temas relacionados com o que atualmente é considerado como uma questão de suma importância, procurou-se através deste trabalho, principalmente localizar o papel do clima na definição do sistema geográfico ambiente e na organização sócio-econômica de Petrópolis. Verificar, também, as alterações climáticas resultantes dos impactos ambientais que essa cidade vem sofrendo em função de sua expansão e urbanização, bem como, averiguar as conseqüências dos desastres naturais causados pela alteração dos ecossistemas considerados mantenedores do equilíbrio ecológico.

1. ÁREA DE ESTUDO

Localização

Petrópolis, localizada na Serra dos Órgãos, a 895 metros de altitude, pertence à Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Por conseqüência, o sítio urbano dessa cidade caracteriza-se por suas feições tipicamente montanhosas, principalmente por ter sido tão marcadamente modelado pela acidentada topografia da região e como que encaixada no fundo dos vales dos rios Piabanha, Quitandinha e Palatinado. No local há, pois, uma convergência de drenagem devido ao relevo e à estrutura regionais, impedindo o alargamento dos vales e a extensão da sedimentação fluvial. Ao mesmo tempo, blocos maciços e patamares de erosão circundam os vales do rio Piabanha e de seus afluentes.

Tal sítio urbano torna-se propício a sofrer danos com as chuvas intensas de verão através de cheias calamitosas e, sérios riscos de deslizamentos e desmoronamentos de encostas. Como conseqüência as características do relevo do sítio onde se implantou Petrópolis, definiram sua expansão na medida em que a cidade, limitada ao sul pela beira da escarpa da Serra dos Órgãos, teve seu crescimento orientado no sentido nordeste, ao longo do vale do Piabanha.

2. ASPECTOS MORFOLÓGICOS

Petrópolis, situada na borda da Serra dos Órgãos, encontra-se a pouco mais de vinte quilômetros da Baía da Guanabara. A condição serrana de Petrópolis propicia um estudo do relevo para que se entenda melhor a implantação do seu núcleo urbano.

O escarpamento da Serra do Mar, nas vizinhanças de Petrópolis, acompanha a direção leste-oeste da costa. Esta direção não é o das rochas, e sim, do "front" da escarpa, que por sua vez não corresponde mais ao espelho da falha que gerou o desnivelamento atual da serra, na medida em que a erosão dos rios que drenam diretamente para o litoral fez recuar para o interior o escarpamento original.

A Serra do Mar apresenta ao norte da Baía da Guanabara um vasto abaulamento que é limitado a oeste por Petrópolis e a leste por Teresópolis.

A Serra do Mar, embora seja muito antiga, foi gerada por "nappes de charriage" ou dobras deitadas, que datam do final do Pré-Cambriano, com predomínio da direção nordeste-sudoeste. Depois desses fortes enrugamentos da crosta, que se prolongou até o Algonquiano, ocorreram intrusões graníticas que abaularam a Serra dos Órgãos. O bombeamento da Serra dos Órgãos foi causado pela intrusão de um grande batolito de granito, que fez com que toda a abóbada de gnaisses se solevasse, penetrando, assim, pelas numerosas fraturas da mesma. A erosão removeu parcialmente a cobertura de gnaisses e fez aflorar o granito, sobretudo nas partes elevadas. Porém a quase totalidade dos terrenos do município de Petrópolis é constituída de diferentes tipos de gnaisses, sendo predominante em área os gnaisses graníticos, embora em toda a sua área setentrional prevaleçam os gnaisses mais recentes muito bem estratificados. Encontram-se, também, diques de diabásio e de basaltito que datam do Mesozóico.

Quando se deu o rejuvenescimento do relevo como um reflexo da orogenia andina no Terciário, abriram-se fraturas e, em menor quantidade, falhas, cortando a direção principal dos dobramentos. Essa evolução posterior do relevo fez com que houvesse um profundo encaixamento dos rios, tanto nos do paredão da escarpa voltada para o mar, recuando a direção do "front", como daqueles que aproveitaram as fraturas e falhas para chegarem ao vale do Paraíba do Sul, como é o caso do rio Piabanha. Todo esse processo resultou em um relevo de

montanhas abruptas, cujos topos aplainados, que descem suavemente para a calha do rio Paraíba do Sul, são compartimentados por vales que formam ângulos bem perceptíveis, em uma nítida estrutura apalachiana. A essa estrutura apalachiana corresponde uma drenagem fluvial que apresenta certas características predominantes como: cotovelos e traçados em baioneta; divisores de águas dentro dos vales; vales alinhados, com trechos extensos e retilíneos, que seguem ora a direção estrutural, ora direções transversais das falhas e fraturas; vales suspensos de tributários que caem em cachoeiras ou corredeiras no vale principal.

A rede hidrográfica da região serrana de Petrópolis apresenta rios que são drenados diretamente para o Oceano Atlântico, descendo a escarpa da Serra dos Órgãos, como os rios Major Archer e Bonini. E outros que afluem para o rio Paraíba do Sul, constituindo as principais bacias hidrográficas do município. Entre eles destaca-se o Piabanha, tributário do Paraíba do Sul e que tem sua bacia orientada no sentido sul-norte.

Em Petrópolis a erosão fluvial não se processa sem que haja adaptação à estrutura. Assim, uma série de pequenos vales afluentes do Piabanha tem orientação WSW-ENE ou mesmo SW-NE, que mostra uma adaptação apalachiana às direções estruturais dos dobramentos que afetaram os gnaisses.

O rio Piabanha com seus afluentes: rios Quitandinha, Palatinado e Itamarati, bem como seus subafluentes e ainda, vários córregos, escavaram vales geralmente digitados, separados uns dos outros pelas linhas de relevo.

Outro elemento de importância no relevo de Petrópolis é a existência de taludes que obliteram parcialmente os vales, sendo que, o processo morfogenético que os formou ainda está atuando hoje através dos desmoronamentos de massa (landslides).

Localizada, portanto, logo após a linha de cumeada da Serra, hoje a cidade de Petrópolis tem sua expansão horizontal limitada pelo próprio relevo e apresenta atualmente a mesma forma tentacular que caracterizava o Plano Koeler em 1843. As características do relevo do seu sítio urbano definiram sua expansão na medida em que a cidade, limitada ao sul pela escarpa da Serra dos Órgãos, teve seu crescimento orientado no sentido nordeste, ao longo do vale do Piabanha. Os principais eixos rodoviários que cortam o município, por sua vez,

servem como principais vias de expansão urbana, notadamente a União Indústria. A falta de espaços planos faz com que o sistema viário se subordine à topografia local, assim como a própria ocupação humana, que seguiu sempre as limitações impostas por tão agitado relevo.

3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A dinâmica atmosférica da região de Petrópolis

Petrópolis, como já foi analisado, se localiza na Serra dos Órgãos, junto de sua escarpa, no vale do rio Piabanha, que em seu curso superior a disseca, rebaixando-a. Este fato aliado à direção aproximada norte-sul do vale é responsável por certas condições do clima local. A destacada influência do fator relevo caracteriza essa cidade com um tipo de clima mesotérmico conquanto esteja situada em domínio tropical. Porém, somente os fatores geográficos dominantes na região não são suficientes para uma total compreensão do seu clima. Torna-se indispensável a análise do mecanismo atmosférico, ou seja, dos fatores dinâmicos, uma vez que o Sudeste é ponto de choques dos Anticiclones Polar e Atlântico.

Petrópolis permanece a maior parte do ano sob o domínio da massa Tropical Atlântica. Esta massa de ar possui temperaturas de elevadas a medianas, fornecidas pela intensa radiação solar das latitudes tropicais e, forte umidade específica em virtude de sua localização sobre o oceano. Porém, por apresentar uma inversão térmica superior, embora mais elevada na costa oriental brasileira o domínio dessa massa mantém a estabilidade do tempo. Esta estabilidade somente termina com a chegada de frentes frias acompanhadas pela massa Polar e/ou linhas de instabilidade.

A massa Polar, embora em sua origem possua forte inversão térmica, ar seco, frio e estável em sua base, através de sua trajetória do polo para o trópico absorve o calor e a umidade da superfície quente do mar, aumentando à proporção que caminha para latitudes mais baixas. Já, quando alcança latitudes médias, a inversão desaparece e o ar polar marítimo torna-se instável. No inverno, as condições de frontogênese são mais freqüentes, porém as condições de instabilidade são menores, provocando mais quedas acentuadas de temperatura e pouca

pluviosidade na área em estudo. Já no verão, a massa polar Atlântica mantém-se, geralmente, em frontólise, enquanto sua frente reflexa, na altura do Trópico, entra freqüentemente em frontogênese, provocando chuvas e trovoadas, por vezes, muito intensas.

Outro fenômeno frequente nesta região, que pode provocar instabilidade e aguaceiros, é a chamada linha de instabilidade (LI) ou "eixo de calha" (calha induzida). Em tais "calhas" ocorrem convergências e divergências. No primeiro caso, estas provocam a ascendência do ar e se o mesmo for convectivamente instável, desencadeará chuvas locais. No segundo caso, o ar descerá trazendo aquecimento, limpeza do céu e dissipação das nuvens existentes. Portanto, Petrópolis que se encontra na trajetória habitual das frentes frias e linhas de instabilidade, apresenta uma boa freqüência de chuvas durante a maior parte do ano. Na distribuição quantitativa das chuvas, além da influência da dinâmica atmosférica soma-se o papel desempenhado pela orografia local, cuja topografia acidentada é um fator geográfico muito importante, à medida em que ela atua aumentando a turbulência do ar pela ascendência orográfica, especialmente durante a passagem de frentes frias.

Análise das normais climatológicas em Petrópolis de 1931 -75

Através da análise climatológica de 1931 a 1975 verificou-se que esta localidade não apresenta estação seca, com chuvas o ano todo (clima tropical de altitude com chuvas o ano todo - Cf, segundo Koeppen). Com um total pluviométrico anual de 2.070,8 mm, o máximo de pluviosidade ocorreu em dezembro (316,6 mm) e o mínimo em julho (66,0 mm).

Quanto à distribuição das temperaturas, sua média compensada anual foi de 17,9°C e variou de 21,0°C em fevereiro a 14,7°C em julho; a maior média das máximas foi registrada em fevereiro (26,0°C) e a menor, em julho (19,9°C); a maior média das mínimas foi de 17,5°C em fevereiro e a menor, 10,8°C em julho. A umidade relativa anual foi de 83,3%, a mais elevada ocorreu em abril (86,4%) e a mais baixa em agosto (78,6%).

Quanto à evaporação anual, foi de 585,1 mm. O mês que apresentou maior índice foi setembro com 56,9 mm e o de menor índice foi o de abril com 37,6 mm. A insolação anual foi de 2.070,6 horas. O

maior número de horas de insolação registrou-se em agosto (215,6) e o menor em dezembro (128,0). A nebulosidade média anual foi de 5,8. O mês de maior nebulosidade média ocorreu em novembro e dezembro (7,5) e a menor em julho (4,0).

Análise da distribuição pluviométrica de 1960 a 1988

Foi analisada a distribuição das chuvas de 1960 a 88, porque somente para esta série nos foi possível conseguir os dados pluviométricos anuais, mensais e diários. Através desta análise concluiu-se que, embora Petrópolis apresente um clima muito chuvoso, a tendência das chuvas é de se reduzirem nos meses de inverno e de se concentrarem no verão. Verificou-se, também, que o ano de maior pluviosidade foi o de 88, com um total pluviométrico anual de 2.897 mm e o menos chuvoso, o de 84, com 1.064 mm anuais.

Análise dos Balanços Hídricos segundo Thornthwaite e Mather (1955)

Foi calculado o Balanço Hídrico para a normal climatológica de 1931 a 75 e do ano de 88, que apresentou, em todos estes anos a cheia mais catastrófica do município de Petrópolis. Infelizmente não nos foi possível elaborar o Balanço Hídrico do ano 2.000, que também registrou a ocorrência de chuvas intensas e concentradas em janeiro, porque só foi possível obter os dados pluviométricos de dezembro de 99 e janeiro de 2.000.

Em virtude do grande número de Balanços Hídricos efetuados restringimos nossa análise à normal climatológica de 31 a 75 e à do ano de 88. O Balanço Hídrico da normal climatológica de 31 a 60 demonstrou que Petrópolis apresenta, segundo seu índice de umidade efetiva, clima superúmido A e segundo sua eficiência térmica, clima mesotérmico B'2. A pluviosidade anual foi de 2.000 mm; a evapotranspiração potencial anual, de 845 mm, bem como sua evapotranspiração real anual; não houve déficit hídrico e o excedente anual foi de 1.155 mm.

O ano de 1988 apresentou, segundo seu índice de umidade efetiva, clima superúmido A e de acordo com sua eficiência térmica, clima mesotérmico B³. A pluviosidade anual foi de 2.917 mm, sendo que no mês de fevereiro, quando ocorreram as maiores cheias da história do município, foram de 776 mm.; a evapotranspiração potencial anual, de 872 mm; a evapotranspiração real anual, de 870 mm; o déficit hídrico anual, de 2 mm e o excedente anual de 2.047 mm.

4. O SÍTIO URBANO DE PETRÓPOLIS

Origem do sítio urbano

Ao longo do "Caminho do Ouro" ou "Caminho Novo" que ligava a Corte, no Rio de Janeiro, às minas de ouro de Minas Gerais, encontravam-se algumas fazendas isoladas como a fazenda do Padre Corrêa, no atual distrito de Cascatinha e a fazenda Córrego Seco, onde hoje se encontra o Centro Histórico de Petrópolis. O "Caminho do Ouro" após alcançar a cumeada da serra seguia ao longo do atual rio Palatinado, antigo Córrego Seco, e descia pelo Quissamã até alcançar os vales do Itamarati e Piabanha. D. Pedro I quando percorria a estrada hospedava-se na fazenda do Padre Corrêa. Encantado com a região de Mata Atlântica e com as temperaturas amenas, manifestou o desejo de instalar-se na região. Em 1830 a fazenda Córrego Seco foi adquirida pela família imperial para abrigar um grande palácio de verão. Porém, somente com D. Pedro II, 12 anos depois, que a ocupação realmente aconteceu.

A primeira leva de imigrantes alemães chegou na região em 1837, para a construção de uma nova estrada pavimentada, a Estrada Normal da Serra da Estrela, substituindo assim as trilhas abertas pelos bandeirantes. A construção foi delegada ao Major Júlio Frederico Koeler, pelo Governo Imperial para melhorar o acesso à região (que ligaria Porto Estrela a Paraíba do Sul). O Major Koeler, devido a esse fato, elaborou um projeto a fim de fundar uma colônia agrícola, na fazenda Córrego Seco. Aliando-se ao engenheiro, o Mordomo da Casa Imperial e administrador dos bens do Imperador D. Pedro II, Paulo Barbosa da Silva, convenceu o Imperador a arrendar a fazenda Córrego Seco. Em 16 de março de 1843 o Imperador assinou o decreto que

aprovou o plano de arrendamento e colonização da fazenda Córrego Seco, atual Petrópolis, cidade de Pedro, primeira cidade planejada do Brasil.

O projeto consistia em implantar uma colônia agrícola com imigrantes alemães em uma parte da fazenda, construir um palácio de verão para o Imperador e dividir uma gleba da fazenda em lotes para a ocupação de colonos que deveriam pagar ao Imperador um valor pelo arrendamento das terras da Coroa. Foi a partir daí que se originou o imposto, que até hoje vigora em Petrópolis, onde todos os proprietários devem pagar aos descendentes do Imperador, o Enfiteuse.

O núcleo primitivo da Vila Imperial e o Palácio do Imperador foram construídos no alvéolo formado pela confluência do rio Quitandinha com o Palatinado. A rede de vales disposta em torno do Piabanha e de seus afluentes, foi aproveitado pelo Plano Koeler para estender a colônia ao seu redor e a cidade de Petrópolis apresentar a forma tentacular que a caracteriza hoje.

Em 1846, Petrópolis apresentava-se dividida em "prazos de terra", lotes urbanos, que se afastavam da Vila Imperial, seguindo ao longo dos vales. Normalmente os lotes apresentavam maior profundidade do que largura e invadiam as encostas dos morros adaptando-se assim à acidentada topografia local, seguindo perpendicularmente ao traçado dos rios.

O Major Koeler elaborou com o "Plano Diretor" um Código de Posturas regulamentando a extensão dos lotes, principalmente, em profundidade, restringindo o uso das coroas dos morros e proibindo a subdivisão dos lotes. Proibia, também, a derrubada de árvores no alto das colinas e morros, tentando preservar a paisagem natural e evitar a possível erosão das encostas. A desobediência a essas determinações veio causar mais tarde graves problemas, sendo uma das causas dos deslizamentos de terra, que ainda hoje ocorrem na cidade.

Em 1854, os limites da Vila Imperial foram expandidos pelo acréscimo de novos lotes, fazendo supor que muitos deles, perpendiculares aos já existentes seguissem as curvas de nível e não apenas as áreas de fundo dos vales. Esses lotes formavam quarteirões, que recebiam denominações alemães das regiões de origem dos colonos que as habitavam como: Ingelheim, Rhenania, Darmstadt, entre outros. No final do século XIX, com a mudança da Corte para Petrópolis nos meses de verão, a procura de clima com temperaturas mais amenas, fez

com que, para lá se dirigisse a burguesia abastada. Com isso a cidade ia definindo sua função de veraneio e o Plano Koeler se desvirtuando.

A função industrial veio, por fim, transformar a fisionomia da cidade, enchendo-a de estabelecimentos, espalhados por diversos vales, atraindo mão-de-obra de outros lugares e permitindo que a cidade se expandisse, sendo responsável pelo aparecimento de novos bairros que, basicamente, não modificou os limites antigos, sendo muitas vezes desdobramento de antigos bairros, com nova denominação, como Morin, Alto da Serra, Retiro.

A localização das indústrias foi determinada, num primeiro momento, pela presença da Estrada de Ferro da Leopoldina, principal via de acesso, por onde escoava toda a produção e chegavam matérias primas. Outro fator, de ordem natural, foi a presença de água em abundância, condicionante para a fixação das indústrias têxteis predominantes na cidade. Com o advento da rodovia, verificou-se uma maior distribuição dos estabelecimentos industriais através de outros bairros, como o Morin e o Quissamã. Após o novo traçado da estrada Rio-Petrópolis, cujo acesso era feito pelo Bingen, evitando a passagem pelo centro da cidade, ao contrário da antiga estrada que cortava o vale do Quitandinha, verificou-se uma segunda fase na localização das indústrias. Passaram a localizar-se no vale do Piabanha, nos bairros do Bingen, Ingelhein, Mosela, Presidência e Quarteirão Brasileiro, transformando aos poucos os bairros puramente residenciais.

Evolução do sítio urbano

O sítio urbano de Petrópolis caracteriza-se por seus alinhamentos montanhosos paralelos, cortados por fraturas e falhas transversais, onde os rios se encaixam em vales estreitos e retilíneos, interrompidos por cotovelos. O relevo determinou a disposição linear da cidade, com bairros acompanhando os numerosos cursos d'água, instalando-se no vale do Piabanha com seus afluentes e subafluentes, formando unidades urbanas isoladas, separadas por pontões graníticos e morros.

Os bairros petropolitanos apresentam uma grande dependência do centro, com um comércio bastante desenvolvido. As ligações entre os bairros são feitas através do centro. Os eixos viários localizam-se nas encostas íngremes e ao longo dos vales. Devido a falta de espaços planos, a crescente população adapta-se à topografia para instalar-se,

muitas vezes, de forma irresponsável, desobedecendo as determinações do Código de Posturas, elaborado pelo Major Koeler.

Os lotes passaram a sofrer subdivisões aceleradas através de abertura de ruas e instalações de escadas para a ocupação da população. Esse tipo de loteamento tornou-se uma característica marcante na paisagem petropolitana, colocando a vida dos moradores em risco devido a expectativa de desabamentos freqüentes na época das chuvas de verão. Muitas edificações situam-se próximas das ruas, deixando vazia a parte do terreno que apresenta dificuldade para a construção, uma barreira natural que dificulta o alargamento das ruas, mantendo, assim, os seus traçados originais. O crescimento vertical no centro é intenso como na Avenida do Imperador e seus arredores.

Petrópolis possui uma população de 265.000 habitantes (CIDE 95) distribuídos em seus 5 distritos: Petrópolis, Cascatinha, Itaípava, Pedro do Rio e Posse.

Os bairros se desenvolvem linearmente, ao longo dos primeiros eixos viários, acomodando-se à acidentada topografia, ou então aos raros espaços planos devido aos alvéolos, geralmente formados pelo encontro de um rio com seu afluente. Esses bairros são bastante individualizados em seus aspectos físicos, mas não quanto à função que exercem.

Com exceção de alguns, com função exclusivamente residencial, muitos apresentam a função industrial associada à função residencial. Nos bairros residenciais encontram-se muitos moradores que trabalham ou estudam no Rio de Janeiro, dando a Petrópolis a característica de cidade dormitório vinculada ao Rio de Janeiro. As diversas linhas de ônibus interurbanas facilitam o intercâmbio entre as duas cidades.

Petrópolis apresenta indiscutível vocação turística com um dos mais belos e significativos espaços arquitetônicos do mundo, referentes ao séc. XIX. Um patrimônio histórico que atrai mais de 300.000 turistas/ano, tanto nacionais, quanto internacionais.

Paralelamente, o município vem estimulando o turismo não só como centro histórico, mas também, como centro gastronômico e ecológico. Situado no meio da Mata Atlântica, abriga nos seus arredores, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, a Reserva Biológica do Tinguá, uma área de Preservação de Alcobaça e a Reserva Biológica de Araras.

Um grande número de residências de verão está espalhada pelos diversos bairros da cidade, mesmo nos industriais/residenciais, porém as casas de verão para lazer tendem, atualmente, a se situar entre Corrêas, Itaipava e o Vale do Bonsucesso. Esta procura de veranistas para a área periférica deve-se, talvez, à busca de áreas onde a urbanização e a industrialização não tenham chegado e a paisagem natural não tenha sido, ainda, alterada.

Com a expansão do centro urbano, e a conseqüente valorização, as fábricas procuraram terrenos mais afastados, acompanhando o rio Piabanha, ao longo da Estrada União Indústria, estendendo-se a cidade cada vez mais nessa direção.

5. METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho foi utilizada uma linha específica de pensamento, que partiu inicialmente da descrição, para chegar à explicação em três momentos principais:

- Observação analítica e pesquisa das condições ecológicas da área e de sua evolução urbana.

- Levantamento dos dados meteorológicos através do INMET, do DENNAEE e da FIDERJ que forneceram, respectivamente, as normais climatológicas de 1931 a 1975 e os dados pluviométricos de 1960 a 88 da estação meteorológica de Petrópolis. Como um dos objetivos básicos desta pesquisa era analisar as cheias de Petrópolis e suas conseqüências, para uma avaliação melhor desta problemática, elaborou-se com os dados pluviométricos o pluviograma de Shoroeder, bem como gráficos de pluviosidade anual para estes anos. Foram calculados, também os balanços hídricos, segundo Thornthwaite e Mather (1955) e desenvolvidos seus respectivos gráficos.

Analisou-se mais detalhadamente o ano de 1988, responsável pela maior e mais calamitosa enchente do município nos seus 157 anos de existência. E, também, os meses de dezembro de 1999 e janeiro de 2000, quando foram registradas intensas chuvas que novamente causaram grandes danos ambientais e materiais à essa região. Os dados meteorológicos deste último evento foram cedidos pelo professor doutor Antônio Teixeira Guerra da UFRJ, que construiu 2 estações meteorológicas no município de Petrópolis: Capela, no 1º distrito e

Fazenda Marambaia, no 2º distrito, para o estudo de seus solos, que vem desenvolvendo, uma vez que a estação do INMET foi fechada em 1960.

Os "tipos de tempo" que marcaram os episódios críticos de 1988 e 1999/2000 na área constituíram-se em uma análise fundamental para a definição e compreensão destes episódios pluviométricos, bem como, do caráter das cheias e movimentos de massa que assolaram a cidade. Foram utilizadas também nestas investigações, além dos dados meteorológicos e fluviométricos, as cartas sinóticas e fotos de satélites.

Na busca das relações de causalidade, nos foi possível confirmar e concretizar conceitos e teorias finais que objetivaram a busca de soluções para calamidades como as que se pretendeu estudar. Para este objetivo colaboraram a Prefeitura, a Defesa Civil e a Secretaria de Planejamento Urbano, não somente pela doação de cartas e plantas da cidade, básicas para este trabalho, como pelas informações obtidas dos eventos analisados. E, também, o auxílio e orientação do Coordenador da Defesa Civil, coronel Marco Antônio Vital, que desenvolve um excelente programa de educação ambiental junto à população de Petrópolis.

6. AS CHEIAS DE VERÃO DE PETRÓPOLIS: ANÁLISE DOS EPISÓDIOS DE 1988 E 1999/2000, BEM COMO, DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NAS ÁREAS DE RISCOS E NAS INUNDAÇÕES

Estudando a série histórica da pluviosidade de Petrópolis optou-se pela análise do episódio de 1988, que se apresentou como o ano mais chuvoso da série e que desencadeou as cheias mais catastróficas em toda a existência não só da cidade, como também do município de Petrópolis. E, acrescentou-se o episódio de 1999/2000, por ter sido, além do mais recente, o que causou, também, sérios danos ambientais à região.

O episódio de 1988

Em 1988 Petrópolis sofreu a maior catástrofe dos seus 157 anos de existência, pois jamais havia experimentado uma calamidade dessa dimensão. O mês de fevereiro de 1988 foi extremamente chuvoso, com um total de precipitação de 776,4 mm. Apresentou também temperaturas elevadas, atingindo excepcionalmente máximas de 40°C, incomum na região. Alternaram nesse mês, fases de calor intenso com

períodos frios. Ocorreu no município um dos verões mais quentes dos últimos 22 anos. Nessas condições a chegada de duas frentes frias à região em pouco espaço de tempo, dias 01 e 10 de fevereiro, atingindo um total pluviométrico de 618 mm de 01 a 13, foram as responsáveis pela tragédia.

A dinâmica atmosférica regional, esclarece a causa destas copiosas chuvas que iniciaram a tragédia local a partir do dia 5 de fevereiro. Analisando as cartas sinóticas e as fotos de satélite, verifica-se que no dia 31 de janeiro uma frente fria avançou do Paraná para o Sudeste.

No dia 01 de fevereiro esta frente alcançou o Estado do Rio de Janeiro, porém com pouca atividade sobre o continente. No dia 02, ventos de noroeste intensificaram a nebulosidade do Estado do Rio e a temperatura declinou. No dia 03, a frente entrou em frontólise, porém permaneceu semi-estacionária na região. No dia 05, uma nova frente fria atuando no oceano, na Argentina, realimentou a frente semi-estacionária que se encontrava sobre o Estado do Rio, com ventos sul e a temperatura local se elevou. Esta frente semi-estacionária encontrava-se bloqueada pela massa Tropical Atlântica e nuvens cumuliformes se formaram sobre a região serrana. Tal fato associado ao relevo acidentado da mesma contribuiu para desencadear fortes aguaceiros que desabaram em Petrópolis neste dia (21,4 mm), na parte da tarde, e continuaram pela madrugada do dia 06 (145 mm), ainda com a frente semi-estacionária atuante nesta área. Do dia 01 ao dia 07 caíram 393,4 mm de chuvas.

No dia 08, a frente entrou em frontólise, porém, continuou semi-estacionária, com 17 mm de precipitações. No dia 09, a frente manteve-se semi-estacionária no Estado do Rio e uma nova frente fria avançou do Uruguai para o sul do Brasil, ocorrendo 30 mm de precipitações nesse dia. No dia 10, a frente semi-estacionária no Estado do Rio, foi reativada pela nova frente fria que a alcançou, chovendo 23 mm. No dia 11, a frente semi-estacionária revitalizada pela chegada da nova frente fria, provocou chuvas e trovoadas (50 mm) e a temperatura local se manteve estável. No dia 12, a frente semi-estacionária que permanecia bloqueada no Sudeste pela massa Tropical Atlântica, por duas semanas, começou a se deslocar para nordeste. Porém persistiram as chuvas e trovoadas (70 mm). Uma nova frente fria atingiu o Rio Grande do Sul

nesta data. Do dia 12 ao dia 15 a frente semi-estacionária se deslocou para o Nordeste, provocando, ainda, 34,6 mm de chuvas no dia 13.

A nova frente fria que se encontrava no sul do Brasil, avançou para o Sudeste e alcançou o Estado do Rio no dia 18, provocando chuvas novamente, porém, agora menos intensas (16,0 mm). No dia 20, a frente, ainda permaneceu sobre o Sudeste, ondulando no oceano como frente quente e ocorreram 42 mm de precipitações. No dia 21, a frente entrou em frontólise e a partir do dia 22 avançou para o Nordeste. Do dia 16 ao dia 22 foram contabilizados 158,4 mm de chuvas em Petrópolis.

Os primeiros sinais da calamidade que estava para acontecer em Petrópolis apareceram, timidamente, uma semana antes do forte temporal dos dias 05 e 06, quando pancadas de chuvas nos dias 28 de janeiro (50 mm) e dia 31 (24,2 mm), em função de uma situação pré-frontal, começaram a elevar as águas dos três principais rios de Petrópolis: Piabanha, Quitandinha e Palatinado. E não se pode deixar de tomar conhecimento de que, em dezembro de 1997, a pluviosidade mensal foi de 503 mm. Podia-se fazer uma leitura tranqüila desses sinais, já que os leitos dos rios, tomados por detritos, costumam sustentar cheias esporádicas na época das chuvas mais fortes. Os habitantes da cidade em alguns locais começaram a tomar providências para uma possível enchente. Entretanto essas providências tornaram-se improdutivas com a chegada de uma frente fria no dia 01 e a queda das intensas e concentradas chuvas dos dias 05 e 06 (166,4 mm) que iniciaram uma tragédia nunca ocorrida antes e que arrasaram a cidade serrana não discriminando bairros de classe social.

Esta tragédia foi generalizada resultando até o dia 11 em 3.416 desabrigados, 151 pessoas mortas e 616 feridas, além de 5.000 casas condenadas ao desabamento. O temporal dos dias 05 e 06 provocou uma avalanche que soterrou ruas inteiras do bairro do Alto Morin e que foi causado pelo deslizamento de pedras, lama e madeira de um dique em um ponto estreito do rio Palatinado. O dique encheu e em determinado momento rompeu-se, arrastando detritos morro abaixo.

Depoimentos de moradores das áreas atingidas coincidiam em um ponto: que todos sentiram pequeno abalo no solo antes dos deslizamentos sugerindo, assim, a possibilidade de ter ocorrido um abalo sísmico nesta região da cidade, entre os bairros de Quitandinha e Provisória. Segundo alguns técnicos, tais abalos e deslizamentos

ocorreram por volta de meia-noite, com intervalos de 15 e 20 minutos. De acordo com a opinião do topógrafo e Secretário de Turismo de Petrópolis, Coronel Paulo Correia, a tragédia foi causada por acomodações de terra, provocando o tremor de terra e os deslizamentos. Para o geotécnico Willey Lacerda, professor da Coppe, que descartou a possibilidade de ter ocorrido o tremor, o que aconteceu em Petrópolis foi a presença de uma grande quantidade de água e sendo esta altamente erosiva, teria prejudicado as áreas onde havia ocupação desordenada, principalmente nas encostas.

Igualmente dramática foi a situação da rua Casimiro de Abreu, no bairro de Caxambu, próximo ao centro da cidade. Oito casas, localizadas na encosta do fim da rua, foram totalmente soterradas, juntamente com seus moradores e pessoas que passavam durante o deslizamento, somando 35 mortos. As casas que permaneceram de pé, nessa rua e imediações, ficaram quase todas condenadas. O bairro de São Sebastião foi, também, afetado por deslizamentos, com moradores soterrados. A maioria das vítimas habitava a rua Capitão Paladino, local ocupado por famílias pobres.

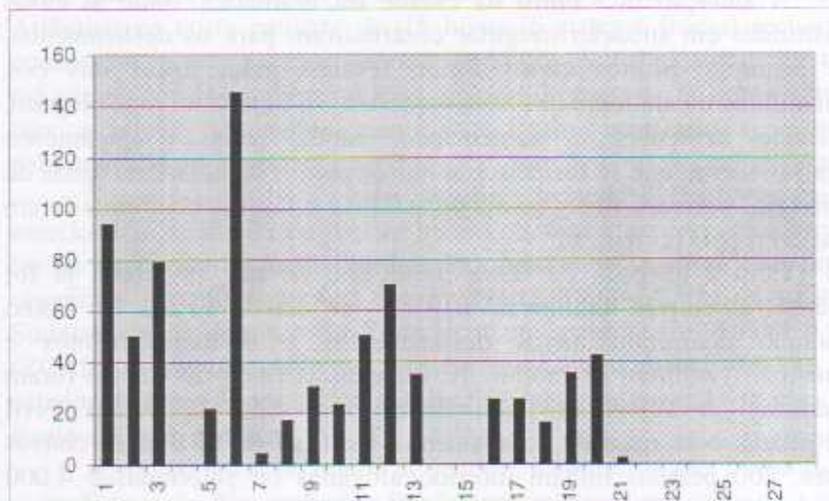


Gráfico 1 – Pluviosidade de Petrópolis (RJ) em Fevereiro de 1988

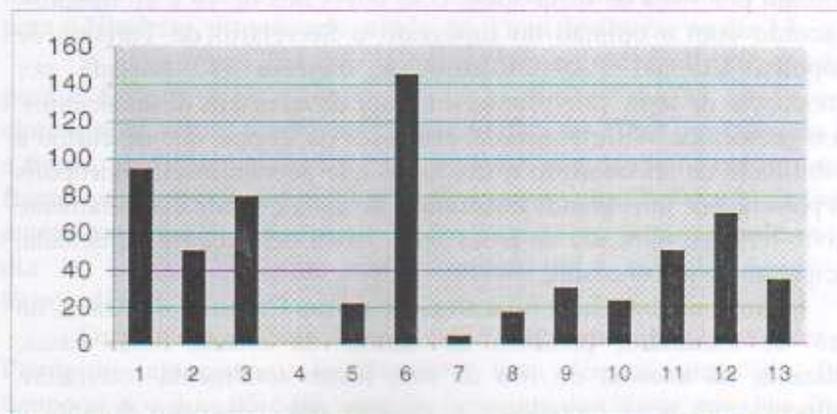


Gráfico 2 - Pluviosidade e situação sinótica em Petrópolis/ 1988

FF	FF	FE	FE	FF	FF	FE	FE	FE	FF	FE	FE	FE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Legenda: FF - Frente fria FE - Frente estacionária

A situação no Centro da cidade foi dramática, onde as casas construídas em situação irregular contribuíram para os deslizamentos das encostas. Muitos carros foram levados pelas águas dos rios Quitandinha e Palatinato que transbordaram e o Centro foi todo alagado, causando acidentes e aumentando, ainda mais, o gigantesco engarrafamento que se formou. Em outros pontos da cidade as águas de outros rios subiram 40 cm acima do asfalto e os carros boiaram e foram arrastados pela correnteza.

Com a chegada da outra frente fria no dia 10, como já foi descrito, as chuvas totalizaram 618 mm do dia 01 ao dia 13. Como resultado ocorreram novos deslizamentos e desmoronamentos e aumentou o número de mortes. Novamente as casas do Centro foram inundadas. A Prefeitura ficou ilhada e a sede da Defesa Civil interditada, com risco de desabamento. No final de 13 dias de chuvas fortes, 200 pessoas tinham morrido afogadas ou soterradas e 4.000 ficaram desabrigadas, espalhando-se pelos abrigos improvisados.

Pelo exposto pode-se concluir as conseqüências calamitosas que as chuvas intensas e concentradas que assolaram Petrópolis em fevereiro de 1988 causaram a essa cidade.

O episódio de 1999/2000

Na passagem do ano de 1999 para 2000 Petrópolis foi novamente assolado por fortes aguaceiros que se iniciaram no dia 31 de dezembro de 99 e se estenderam ao dia 05 de janeiro de 2000, causando danos ambientais e sócio-econômicos ao município, porém não tão grandes como os de fevereiro de 1988. Para a medição das chuvas ocorridas neste ano foram utilizados os dados pluviométricos do posto meteorológico da estação Capela, situada no 1º distrito de Petrópolis, que apresentou um total pluviométrico em janeiro de 478,6 mm.

Como em 1988, para explicar a ocorrência destas chuvas concentradas e abundantes, utilizou-se, também, fotos de satélite e cartas sinóticas. No dia 31 de dezembro de 99, às 12 horas Greenwich, o Estado do Rio estava sob a influência da massa Tropical Atlântica, em situação pré-frontal, pois uma frente fria avançava do nordeste de São Paulo para este Estado; às 15:00 horas a frente permanecia no Oceano Atlântico na costa paulista; às 18 horas, o sistema frontal recuou no oceano até a costa paranaense, ocorrendo grande nebulosidade em todo o Sudeste, Nordeste, Centro-Oeste e Norte do país; às 21 horas a frente fria avançou novamente para São Paulo mantendo a elevada nebulosidade no interior. Ocorreram 50,1 mm de chuvas em Petrópolis.

Segundo o INPE este sistema frontal permaneceu semi-estacionário do dia 01 de janeiro ao dia 08, enfraquecendo na altura do litoral da região Sudeste. Durante sua permanência sobre esta região organizou instabilidades nas regiões Norte, Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste sob o domínio da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A nebulosidade por ela formada atuou principalmente nos estados de Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, prolongando-se para São Paulo e Rio de Janeiro.

Às 00:00 horas do dia 01 de janeiro, a nebulosidade intensificou-se no Estado do Rio, embora a frente permanecesse no oceano na costa paulista, enquanto o continente encontrava-se sob a ação da ZCAS; às 3 horas a frente começou a se deslocar para nordeste no oceano; às 6:00 horas alcançou o litoral do Estado do Rio, ainda com a ZCAS atuando

no interior, causando forte nebulosidade em todo o Estado do Rio; às 12:00 horas a frente encontrava-se semi-estacionária no oceano, na costa do Estado do Rio, seguida de uma nova frente fria, também atuante no oceano, próxima ao litoral do Rio Grande do Sul. No interior continuava a atuação da ZCAS, com ventos de noroeste e nebulosidade mais intensa no centro-sul do Estado do Rio. Ocorreram 40,8 mm de chuvas na cidade de Petrópolis.

No dia 02, a frente continuou semi-estacionária no Estado do Rio, porém com sua vanguarda no Espírito Santo. Neste dia ocorreram 60,2 mm de precipitações em Petrópolis. No dia 03 a frente, semi-estacionária, ondulava no oceano e no interior continuava o domínio da ZCAS. A pluviosidade de Petrópolis foi de 10,6 mm. No dia 04 manteve-se a mesma dinâmica atmosférica do dia anterior e ocorreram 10,0 mm de chuvas em Petrópolis. No dia 05 a frente recuou como frente quente no oceano para São Paulo atuando em sua retaguarda sobre o centro-sul do Estado do Rio. A pluviosidade registrada em Petrópolis foi de 6,4 mm. No dia 06 a frente quente que havia se deslocado para São Paulo, colocou o Estado do Rio sob a ação da massa Tropical Atlântica. No dia 07 a frente quente entrou em frontólise em São Paulo e o Estado do Rio continuou sob o domínio da massa Tropical Atlântica. No dia 08 esta massa já dominava todo o Sudeste brasileiro. A partir do dia 06 cessaram as chuvas em Petrópolis.

Como foi constatado, do dia 31 de dezembro de 1999 para 01 de janeiro de 2000 caiu um forte temporal em Petrópolis que durou 48 horas, causando novas calamidades, porém não tão graves como as de fevereiro de 1988. Como resultado destas chuvas intensas e concentradas que se estenderam de 31 de dezembro à 05 de janeiro, novamente o município sofreu grandes danos ambientais, ficando em estado de calamidade pública.

Segundo a Defesa Civil os locais mais atingidos foram as comunidades de Araras, Vista Alegre, Neylor, Alemão, Castelo S. Manoel, Mosela, Caxambu, Estrada da Saudade, Esperança e o distrito de Posse. O local que apresentou maior pluviosidade foi Araras, onde o índice pluviométrico chegou a atingir 100 mm em 48 horas. O primeiro dia do ano começou com 02 mortes e dezenas de famílias desabrigadas. Também foram registradas 230 ocorrências, sendo as de maior número os deslizamentos de terra, o transbordamento de rios e queda de árvores.

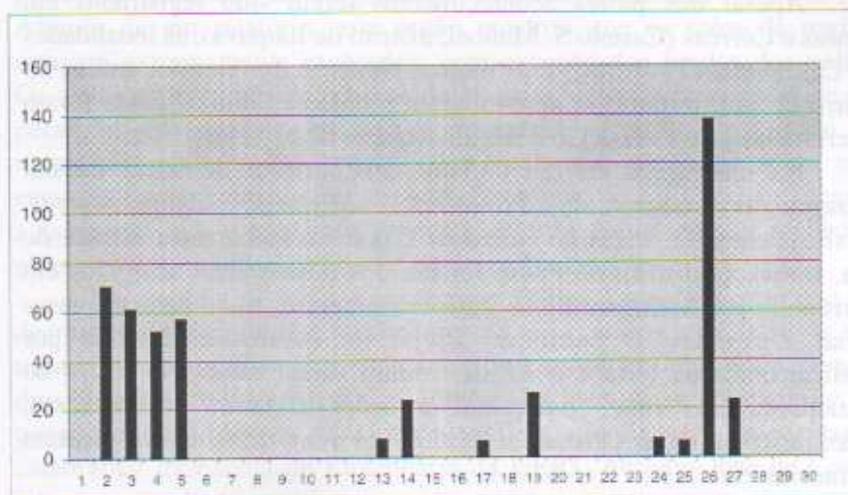


Gráfico 3 – Pluviosidade de Petrópolis (RJ) em Janeiro de 2000

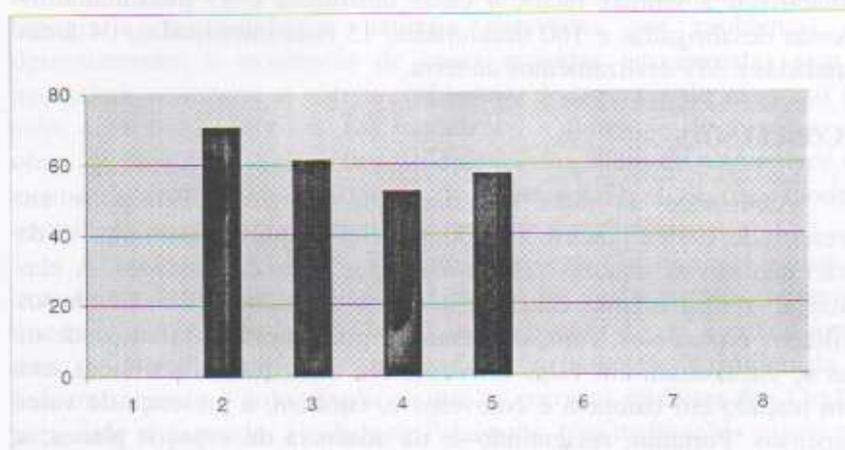


Gráfico 4 - Pluviosidade e situação sinótica em Petrópolis/2000

B	B	FE	FE	FE	FQ	TA	TA	TA
31	1	2	3	4	5	6	7	8

Legenda: **B**: Baixa dinâmica da frente fria; **FE**: Frente estacionária
FQ: Frente quente; **TA**: Massa Tropical Atlântica

Apesar dos piores acontecimentos terem sido registrados em Araras e Corrêas (Castelo S. Manoel, distrito de Itaipava), as localidades de Cascatinha (2º distrito) e os morros Neylor e do Alemão, ambos no bairro do Retiro, também apresentaram problemas. Várias casas foram interditadas pela Defesa Civil devido à queda de barreiras.

Na madrugada do dia 03, um deslizamento de terras causou estragos no bairro da Provisória, soterrando alguns carros. Deslizamentos de terras no bairro de Caxambu fecharam a estrada de Sta. Isabel. O distrito de Posse foi um dos pontos mais atingidos em Petrópolis por deslizamentos e desmoronamentos, onde diversas casas foram destruídas. O bairro do Brejal foi duramente atingido por deslizamentos de terra e lama, destruindo várias casas. No bairro de Bataillard duas ruas começaram a ceder afetando várias casas, ameaçando-as de desabamento e todas as ruas deste bairro ficaram intransitáveis.

Segundo o Coordenador da Defesa Civil, Cel. Marco Antônio Vital, do dia 31 de dezembro ao dia 05 de janeiro Petrópolis contabilizou 2 vítimas fatais, 4 casas destruídas e 99 interditadas, 07 pessoas desabrigadas e 160 desalojadas, 15 ruas interditadas, 04 áreas inundadas e 389 deslizamentos de terra.

7. CONCLUSÕES

Analisando as duas tragédias que atingiram Petrópolis em fevereiro de 1988 e janeiro de 2000, conclui-se que as fortes chuvas de verão não são as maiores responsáveis por estas calamidades. A elas soma-se o sítio urbano caracterizado por alinhamentos montanhosos retilíneos e paralelos, compartimentados por fraturas e falhas onde os rios se encaixaram em vales estreitos, ora com trechos retilíneos, ora com traçado em baioneta e cotovelos e, também, a presença de vales suspensos. Portanto, ressentindo-se da ausência de espaços planos, a crescente população local procurou adaptar a topografia às suas necessidades de moradia e o vem fazendo há muito tempo, de uma forma totalmente irresponsável, acarretando sérios problemas à cidade, principalmente na época da estação chuvosa.

Em 1978 as autoridades locais já tinham sido alertadas para uma possível catástrofe no município em caso de chuvas intensas, através de um estudo elaborado sobre a sua situação florestal efetuado pela

Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA. Através de um relatório, este órgão mostrou que os solos da região estavam extremamente esgotados, com exceção dos fundos dos vales. Os ciclos econômicos de retirada de madeira, de lavoura esgotante e de pecuária, em regime extensivo, deixaram cicatrizes por todo o município, com erosão superficial e acelerada, perda de solos nas encostas e assoreamento das várzeas. Em alguns locais a erosão chegou a tal ponto que o substrato granítico aflorou e matacões e rochedos emergiram aumentando os riscos de desmoronamentos.

Na tragédia de 1988 o geotécnico Willey Lacerda alegou que os desmatamentos causam deslizamentos de terra, pois o solo deixa de ser tratado devidamente e que uma hora de chuvas intensas equivalem a dois meses de chuvas. Alertou as autoridades para um maior controle na ocupação desordenada das encostas da cidade. O ex-professor catedrático da Escola de Engenharia da UERJ, Antônio José de Costa Nunes, consultado, explicou que sempre que ocorrerem chuvas da ordem de 100 mm por dia, cidades como Petrópolis estarão sujeitas a enfrentar problemas de desmoronamentos e deslizamentos, pois a topografia, as condições naturais agravadas por problemas de desmatamento, a existência de casas erguidas em encostas sem a necessária segurança e outros problemas, decorrentes do mau uso do solo, contribuem para dar aos fenômenos a dimensão de tragédia. As obras de drenagem e estabilização de encostas, além de maior rigor no exame de projetos de construção de casas em áreas de risco podem contribuir para evitar ou amenizar o impacto das chuvas.

O técnico da FEEMA, Rogério Ribeiro de Oliveira que esteve na ocasião em Petrópolis, avaliando as causas dos deslizamentos, observou que as chuvas não foram as causadoras do evento e, sim, a gota d'água, pois os desmatamentos, as queimadas e a ocupação desordenada já haviam saturado o solo. Explicou que as encostas da Serra dos Órgãos para onde se expandiu a cidade de Petrópolis, têm inclinações superiores a 45°, desaconselháveis para a construção de moradias. Alertou que 70 a 80% das construções situavam-se nas encostas. Portanto era urgente, para evitar a repetição da calamidade que se abateu neste ano, o mapeamento das áreas de risco e que a população fosse alertada para tal fato.

Em 1993 o engenheiro Rolf Dieringer constatou a suspeita de que a Carta Geotécnica de Petrópolis não estava sendo respeitada pelo texto

original da Lei de Uso do Solo. Segundo ele a Carta Geotécnica divide o município em sete áreas e apenas três delas são propícias à ocupação. Em três a ocupação era desaconselhável, tais como parte dos bairros Bela Vista e Cascatinha; trechos de ruas em Quitandinha, como a Coronel Veiga (totalmente urbanizada e de trânsito intenso); Bataillard; a rua Lopes Trovão na Vila Felipe; parte de Lagoinha; algumas ruas do Morin; a rua Capitão Paladino, entre outras no Parque S. Vicente.

Dieringer alertou para o fato de que nestas áreas há encostas rochosas, sopés de encostas ou linhas de drenagem natural que provocam riscos. E toda esta região está desordenadamente habitada, sofrendo, portanto graves conseqüências como as calamidades ocorridas nos temporais de 1988 e 2000. Ele citou, também, o fato de:

“há 90 anos que se fala na cidade em uma rede de esgotos capaz e mais de 30 anos em infra-estrutura contra enchentes” e que “a Lei de Uso do Solo tem de ser rigorosa e só permitir a ocupação do solo, caso haja a infra-estrutura necessária”.

Levando em consideração todos os fatos analisados, conclui-se que nenhuma dessas prioridades tem sido respeitada pela população ou cumprida pelas autoridades responsáveis por Petrópolis, como se constatou através das graves ocorrências que assolaram esta cidade nos anos de 1988 e 2000.

BIBLIOGRAFIA

- ARBOS, P. Petrópolis, esboço de geografia urbana. Boletim Geográfico, IBGE, Rio de Janeiro, n. 37, n. 38, 1946, pp.18-25, pp. 133-148.
- CORREA FILHO, V. Cidades serranas, Boletim Geográfico, IBGE, Rio de Janeiro, ano IX, n.1, pp. 3-36.
- HACK, L.P. O Sudeste: o clima tropical de altitude. A natureza e a orientação das massas de ar, Curso para Professores de Geografia, IBGE, Rio de Janeiro, julho 1970, pp. 32-36.
- KOPKE, J.F. Petrópolis, capital do Estado, geopolítica dos municípios. Rio de Janeiro, n. 12, 1958.

- LA COMBE, L.L. História de Petrópolis: resumo didático, A colonização. Tribuna de Petrópolis, Petrópolis, II, III, 1953.
- LAMEGO, A.R. O homem e a serra. IBGE, Rio de Janeiro, 453 p., 1963.
- MAGALHÃES, J.C. A função industrial de Petrópolis. Revista Brasileira de Geografia, IBGE, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, 1966. pp. 19-55.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA Cidade de Petrópolis. Museu Imperial, Petrópolis, 1957, 233 p.
- MONTEIRO, C.A. de F. Teoria e clima urbano. Série Teses e Monografias, IGEOG - USP, S. Paulo, n. 25, 1976, 181p.
- RUELLAN, F. Evolução geomorfológica da Baía da Guanabara e das regiões vizinhas. Revista Brasileira de Geografia, IBGE, Rio de Janeiro, ano IV, n. 4, 1945.
- SODRÉ, A. Petrópolis na sua expressão geográfica e climática. Trabalhos da Comissão do Centenário, P.M.P. Petrópolis, v. II, 1940.



RENATO TAVARES

O CLIMA DE SOROCABA - SP: ASPECTOS REGIONAIS, LOCAIS E URBANOS



RENATO TAVARES

1. INTRODUÇÃO, HIPÓTESES E OBJETIVOS

Sorocaba é uma cidade média do interior do Estado de São Paulo com quase meio milhão de habitantes, a 100 km da capital em direção oeste. Desenvolveu-se como polo regional diferenciado marcado no último século pelo intenso processo de industrialização e urbanização.

Alguns aspectos ambientais da cidade guardam semelhanças com a metrópole paulistana em diferente escala: o rio Sorocaba, poluído, corta a cidade acompanhado de vias marginais de tráfego intenso, sujeito a alagamentos em episódios de chuvas intensas; áreas densamente ocupadas e verticalizadas com poucas áreas verdes e arborização das vias, favorecem o desconforto térmico, agravado com a crescente impermeabilização dos terrenos; risco eminente de enchentes em áreas ocupadas e impróprias para o uso urbano, como margens de drenagem e áreas planas inundáveis; elevados índices de poluição atmosférica, um dos maiores do interior paulista, atribuídos principalmente às emissões dos veículos automotores e industriais.

Assim como boa parte das cidades brasileiras médias e grandes, Sorocaba apresenta problemas ambientais e de qualidade de vida urbana, consequência do seu crescimento acelerado cuja compreensão não deve estar desvinculada do cenário político-econômico nacional, que produz o aumento da concentração de renda e a desigualdade social em detrimento à população de baixa renda e ao meio ambiente. Como reflexo local, gera a ocupação periférica da cidade, em geral áreas impróprias para o uso, criando novos núcleos de pobreza, somados ao adensamento de áreas mais centrais que podem comprometer a qualidade ambiental e de vida da população.

As preocupações com o meio ambiente passam a ser pauta de discussões e ações públicas mais efetivas somente no final dos anos 80, ganhando reforço na medida em que os problemas decorrentes da falta de planejamento e controle nas intervenções na paisagem se agravam e comprometem o saneamento básico, a saúde e a segurança pública.

O processo de urbanização é o principal modificador ambiental gerido pelo homem na superfície terrestre. O clima é um dos componentes mais importantes desse ambiente e está cada vez mais sensível aos impactos humanos através desse processo, que altera as características climáticas da cidade em micro e meso escala com as

transformações em sua superfície, em geral aumentando o calor e a precipitação e modificando o fluxo de ventos e a umidade relativa do ar.

Vários aspectos motivaram a execução de investigações climáticas em Sorocaba, cujo clima era conhecido apenas pelos estudos em grandes escalas que abrangem todo o Estado. Em princípio buscava-se a aplicação da metodologia do Sistema Clima Urbano proposta por MONTEIRO (1976 e 1990). As caracterizações climáticas regionais e locais devem anteceder um estudo mais aprofundado sobre o clima urbano e a ausência de informações nessas escalas somadas à disponibilidade de segmentos variados de dados nortearam a definição desta pesquisa sob o foco local.

Os objetivos principais foram definidos a partir da obtenção dos dados da Estação Meteorológica de Sorocaba/INEMET, em funcionamento de 1949 a 1992 na Fazenda Ipanema, e de uma série de 3 anos e meio de dados diários seqüenciais, observados na área urbana de Sorocaba (Estação Meteorológica Principal), em período congruente ao funcionamento da Estação da Fazenda Ipanema.

A existência desses dados despertou a possibilidade de estudar e avaliar, em primeiro lugar, o comportamento dos principais elementos do clima, para uma série temporal considerável, numa área que não sofreu influências diretas da urbanização - a Fazenda Ipanema. Qual a tendência observada nos elementos climáticos desta área rural ao longo de mais de 40 anos, em contraponto aos estudos realizados com séries longas de dados observados em estações localizadas em áreas urbanas, com o mesmo propósito de avaliar mudanças climáticas?

Uma das mais destacadas constatações dos trabalhos de climatologia urbana é a evolução positiva dos valores das médias de temperatura registrados nas últimas décadas, notadamente das mínimas, e que na maioria dos casos é atribuída à evolução urbana. Realmente trata-se de um efeito provocado pela urbanização ou um fenômeno global que pode ou não representar conseqüências da ação antrópica? Ou os dados de temperatura das últimas décadas já refletem os efeitos do aquecimento global e destruição da camada de ozônio, que em parte ou totalidade são conseqüências da ação humana?

Apesar da análise de tendência se restringir a apenas um ponto, espera-se contribuir para o amadurecimento do atual estágio de conhecimento sobre o tema mudanças climáticas, a partir da análise dos

dados registrados em um longo período em área rural, localização diferenciada frente a maioria das estações meteorológicas brasileiras que estão instaladas em áreas urbanas. Outra etapa desta pesquisa refere-se a análise das diferenciações climáticas diárias entre a Fazenda Ipanema e a área urbana de Sorocaba (dados da Estação Meteorológica instalada próxima ao centro da cidade) ao longo de três anos e meio.

Buscou-se notar as diferenças de comportamento dos principais elementos climáticos, notadamente as temperaturas, nos três horários oficiais de leitura (09, 15 e 21 horas). Avaliou-se também a magnitude dos desvios e a similaridade dos dados, que fornecem indícios sobre a produção de um clima antrópico urbano, resultado das alterações da paisagem natural pelo uso e ocupação humana.

Embasando os objetivos de análise climática local de Sorocaba, propôs-se inseri-las num contexto regional, de caracterização do seu regime pluviométrico através da confecção e análise de cartas de isoietas anuais e outras técnicas para a área delimitada pelas coordenadas 23° e 24° latitude S e 47° e 48° longitude W, onde o município de Sorocaba ocupa posição central.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Sorocaba situa-se no Vale Médio do Rio Tietê, na área de transição entre a Depressão Periférica (Zona do Médio Tietê) e o Planalto Atlântico (Zona da Serrania de São Roque e limite ocidental do Planalto de Ibiúna), entre as coordenadas 23°15' e 23°45' de latitude sul e 47°15' e 47°35' de longitude oeste, ocupando uma área total de 456 km² (FIGURA 1).

Nessa área de transição observa-se a existência de quatro níveis de relevo (SANTOS, 1952), com altitudes decrescentes do embasamento cristalino para a bacia sedimentar: o mais elevado tem uma altitude média de 900m e encontra-se a leste (chega a ultrapassar 900m nas Serras de Inhaíba e São Francisco) e as declividades superando 40%; o segundo, entre 650 e 700m; o terceiro, de 600 a 650m, e o último, correspondente às várzeas do rio Sorocaba e seus afluentes, entre 500 a 550m.



FIGURA 1 - Localização Geográfica da Cidade de Sorocaba (SP)

De modo geral, estes níveis estão associados às diferentes litologias e podem ser enquadrados em uma das duas províncias geomorfológicas. A altitude média do município é de 600m, e da área urbana, 550m. O ponto de maior elevação atinge 1028m, em Brigadeiro Tobias.

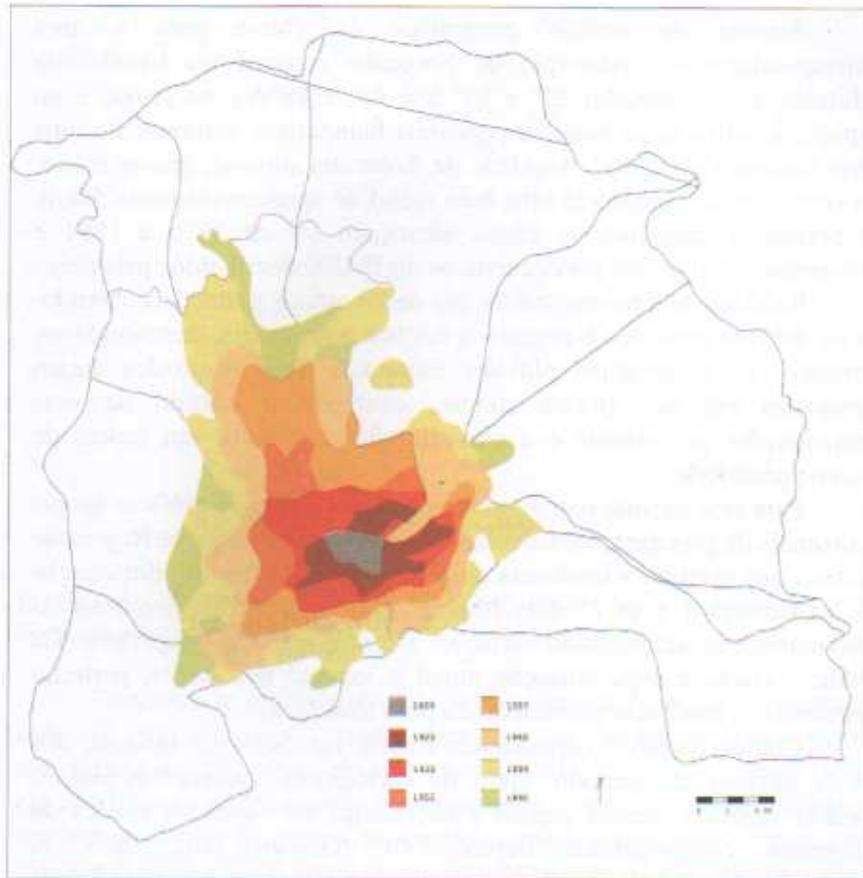
Em resumo, o relevo vai se suavizando na medida em que se estende para o oeste e para o norte, este ainda um pouco acidentado, porém com declividades menores e com os terrenos sensivelmente mais desgastados com a erosão. Quase a totalidade das áreas já urbanizadas e as de expansão urbana propícias à urbanização possuem declividades inferiores a 20%.

Fundada por bandeirantes em 1654, Sorocaba viveu três ciclos históricos importantes: o Bandeirantismo, o Tropeirismo e a Industrialização, que passa a ocupar posição de destaque na economia local e regional, iniciada com a implantação da primeira indústria em 1881, após a inauguração da Estrada de Ferro Sorocabana em 1875. O surto industrial ganhou impulso com a instalação de indústrias têxteis e Sorocaba ganha o cognome de “Manchester Paulista”, em alusão ao

famoso centro têxtil da Inglaterra. O ciclo é marcado por grande desenvolvimento até os anos 50, chegando a ser reconhecido como o mais importante parque industrial no interior de São Paulo (IBGE, 1958 apud SOROCABA, 1990).

Do ponto de vista urbanístico, o ciclo da industrialização impulsionou sobremaneira a expansão, fazendo surgir novos bairros e loteamentos, principalmente nas duas primeiras décadas do século passado. A área central se adensa, tornando a estrutura urbana cada vez mais complexa. Na década de 70 e começo dos anos 80, em virtude da grande intensificação da industrialização, a cidade teve crescimento em todas as direções, especialmente ao norte. Afirmaram-se os principais corredores comerciais e de serviços, radialmente ao núcleo central, que passa a se verticalizar e a ter seu sistema viário reformulado (SOROCABA, 1990). A FIGURA 2 retrata aproximadamente a expansão urbana de Sorocaba entre 1800 e 1990, a partir de informações obtidas na prefeitura.

Pode-se afirmar que Sorocaba exerce com solidez a função de pólo econômico regional. O setor industrial de transformação de produtos agrícolas regionais tem destaque, principalmente nos ramos têxtil, madeira, alimentar, bebidas e minerais não-metálicos. Com a construção da Rodovia Castelo Branco nos anos 60 e o processo de desconcentração industrial e transbordamento da região metropolitana paulistana, pode-se detectar em Sorocaba e entorno a implantação de unidades industriais mais modernas, como é o caso dos gêneros metalúrgico, mecânico, material elétrico e de comunicação, papel e papelão (SÃO PAULO, 1982, p.70).



3. CLIMA REGIONAL: PLUVIOMETRIA

Considerando o caráter tropical do território brasileiro, e a posição transicional do espaço paulista nas definições climáticas zonais, as precipitações pluviométricas constituem o elemento de maior variabilidade dentro do escopo climatológico na análise regional, onde os eventos pluviais extremos ou a ausência deles em qualquer magnitude repercutem sobremaneira nas atividades humanas, podendo resultar em grandes prejuízos econômicos e até perdas de vida.

Através da análise geográfica da chuva para a área correspondente ao município de Sorocaba e arredores (quadrícula referente as coordenadas 23° e 24° S e 47° e 48°W), no tempo e no espaço, identificou-se situações pluviais habituais e extremas de uma série histórica de dados. A cidade de Sorocaba situa-se, grosso modo, no centro desta, compondo uma área radial de aproximadamente 50km. O período homogêneo de dados alcançado foi de 1972 a 1991 e utilizaram-se 50 postos pluviométricos do DAEE distribuídos pela área.

Realizou-se a normalização dos dados anuais e sazonais obtendo-se os desvios positivos e negativos em torno da média, destacando-se, portanto, as ocorrências pluviais extremas. Tais resultados foram agrupados em um quadro síntese, contendo o cálculo de suas participações percentuais e a classificação dos dados em ordem de excepcionalidade.

Para esse mesmo segmento temporal, construiu-se gráficos anuais e sazonais de precipitação, calculando e plotando as Retas de Regressão Linear, que atestam a tendência geral dos dados (aumento, diminuição ou manutenção) e as Médias Móveis, que inferem as inconstâncias pluviométricas, amenizando variações isoladas e muito irregulares. Tal análise, aliada a espacialização anual e sazonal dos dados, permitiu vislumbrar a tendência pluviométrica para toda área.

Confeccionou-se cartogramas anuais, ou cartas de isoietas, dos totais pluviais do período, além do cartograma das médias anuais, médias sazonais, desvio padrão e coeficiente de variação, através do programa computacional Surfer 5.01 (Golden Soft. Inc.). A espacialização da pluviosidade permitiu uma melhor visualização da distribuição e da quantidade das chuvas na área. Para ilustrar e integrar as análises temporais e espaciais, construiu-se painéis temporo-espaciais do regime mensal das chuvas médias e de anos extremos, obtidos pela análise da normalização dos dados.

Como resultados, os anos de 1976, 1982/1983 e 1991 destacaram-se como os mais excepcionais em precipitação elevada da série histórica analisada. O ano de 1985, no seu conjunto, demonstrou excepcionalidade pluvial negativa.

A figura seguinte (FIGURA 3) apresenta a distribuição espacial da pluviosidade média do período 1972-1991.

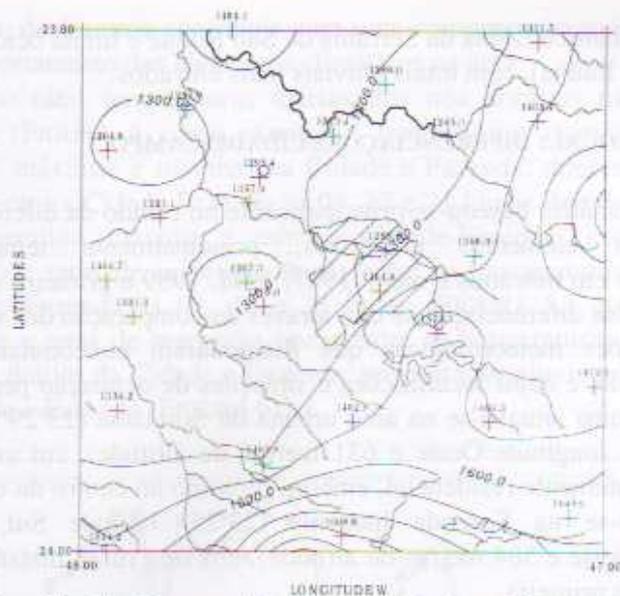


FIGURA 3 - Distribuição espacial da pluviosidade média no município de Sorocaba e entorno: 1972-1991

Observou-se nitidamente que as porções centro-norte, noroeste e sudoeste da quadrícula destacaram-se com totais pluviométricos mais reduzidos que o restante, confirmando a identificação de duas áreas com características relativamente contrastantes, separadas no sentido nordeste-sudoeste. Sorocaba, no centro da carta, também confirmou sua localização sob a faixa transicional dos diferentes climas definidos por MONTEIRO (1973). Segundo o autor, a porção norte da área estudada, em nível regional, está associada a chamada "Percée do Tietê VI", no clima zonal - controlado por massas equatoriais e tropicais - e regional - por clima tropical alternadamente seco e úmido. A porção Sul, classificada como "Bacia do Paranapanema II", é controlada por massas tropicais e polares (climas zonais) e climas úmidos da face oriental e subtropical dos continentes dominados por massa tropical.

A distribuição espacial das chuvas da área analisada tem como principal fator de diferenciação o relevo, representado por dois compartimentos geomorfológicos distintos: a Depressão Periférica Paulista (Zona do Médio Tietê), reconhecidamente mais seca e o

Planalto Atlântico (Zona da Serrania de São Roque e limite ocidental do Planalto de Ibiúna), com totais pluviais mais elevados.

4. CLIMA LOCAL: DIFERENCIAÇÕES CIDADE-CAMPO

Esta análise baseou-se principalmente no estudo da diferenciação diária dos elementos climáticos, principalmente temperatura, distribuídos em três anos e meio: 1987, 1988, 1989 e primeiro semestre de 1990. Essa diferenciação se deu através da comparação dos dados de duas estações meteorológicas que funcionaram concomitantemente neste período, e cujas localizações e situações de ocupação permitiram a escolha: uma situava-se na área urbana de Sorocaba (23°29' latitude Sul, 47°27' longitude Oeste e 631 metros de altitude), em um bairro predominantemente residencial, embora próximo ao centro da cidade; a outra situa-se na Fazenda Ipanema (23°25' latitude Sul, 47°35' longitude Oeste e 584 metros de altitude), em área rural, distante cerca de 20 km da primeira.

Os dados meteorológicos comparados das duas estações foram: temperatura do ar às 09, 15 e 21 horas; temperatura do ar com bulbo úmido às 09, 15 e 21 horas; temperaturas do ar extremas, máxima e mínima; umidade relativa do ar às 09, 15 e 21 horas; direção e velocidade do vento às 09, 15 e 21 horas; precipitação pluviométrica (horária, 09, 15 e 21 horas, somente na Cidade); evaporação; e insolação.

Houve interrupções de coleta de alguns elementos no decorrer do período na Fazenda, principalmente às 21 horas nos últimos meses de 1989 e em todo ano de 1990. Em cada mês foram trabalhadas três planilhas de dados: aquela referente aos dados da área urbana de Sorocaba, que convencionou-se chamar neste trabalho de Cidade (C); outra referente aos dados da Fazenda Ipanema, chamada de Fazenda (F); e a terceira, resultado da subtração da primeira pela segunda, nomeada Cidade-Fazenda (C-F). Em todas foram calculadas as informações referentes aos dados máximos e mínimos do mês, amplitudes, médias e desvios-padrão.

Para subsidiar a análise, partiu-se para a representação gráfica dos dados, juntamente com uma análise estatística complementar. Confeccionaram-se vários gráficos mensais, elaborados de diversas

maneiras, de forma a contribuir para uma compreensão mais completa do comportamento dos elementos climáticos na área.

São eles: temperaturas diárias dos três horários na Cidade e Fazenda (FIGURA 4 como exemplo); temperaturas diárias médias e extremas máximas e mínimas na Cidade e Fazenda; diferenças diárias de temperatura Cidade-Fazenda às 09, 15 e 21 horas; diferenças diárias de temperatura máxima e mínima Cidade-Fazenda; diagramas de dispersão e retas de regressão linear entre as temperaturas diárias da Cidade e Fazenda às 09, 15 e 21 horas (FIGURA 5); diagramas de dispersão e retas de regressão linear entre as temperaturas máximas e mínimas diárias da Cidade e Fazenda; precipitação pluviométrica diária na Cidade e Fazenda (FIGURA 6);

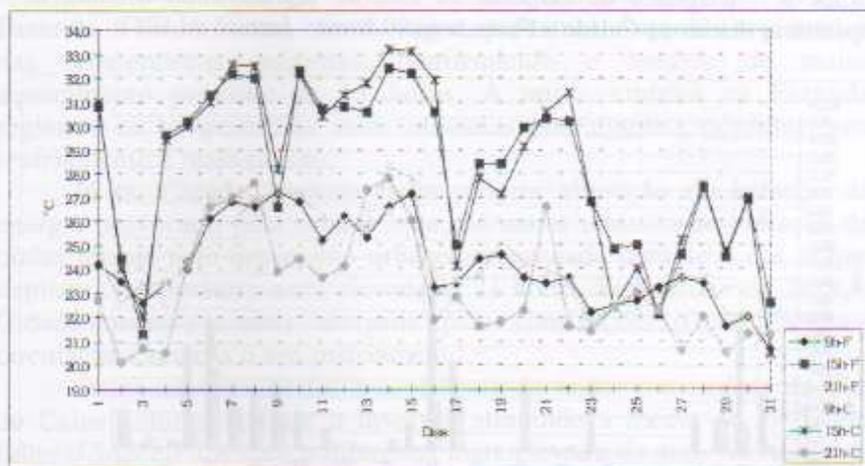


FIGURA 4 - Temperaturas diárias dos três horários na Cidade e Fazenda - Janeiro de 1987

Com esse conjunto de informações, partiu-se para a análise diária dos dados, destacando-se as situações mais extremas e sintetizando os resultados mensalmente. Para dar continuidade a investigação e procurando vislumbrar resultados mais globais da diferenciação Cidade-Fazenda, organizou-se os dados mensalmente, através dos cálculos das médias e extremas. Por fim, os mesmos foram sintetizados em médias anuais e do quadriênio, que permitiram compendiar quanto a magnitude percentual dos elementos climáticos na Cidade e na Fazenda.

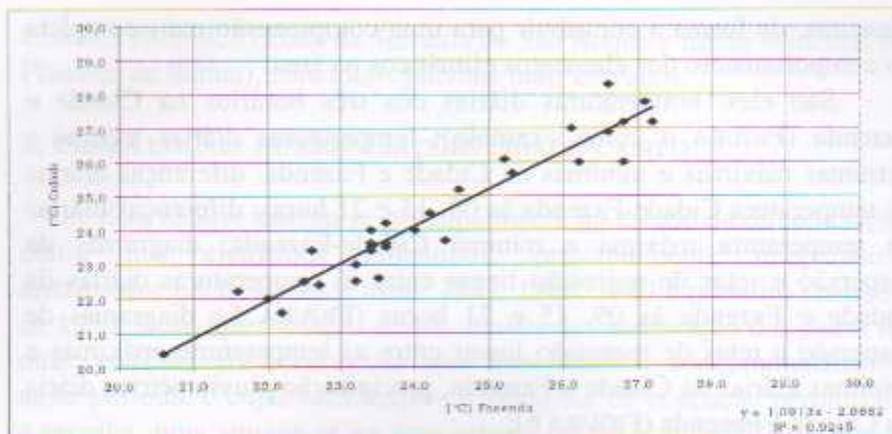


FIGURA 5 - Diagrama de dispersão e reta de regressão linear entre as temperaturas diárias da Cidade e Fazenda às 09 horas - Janeiro de 1987

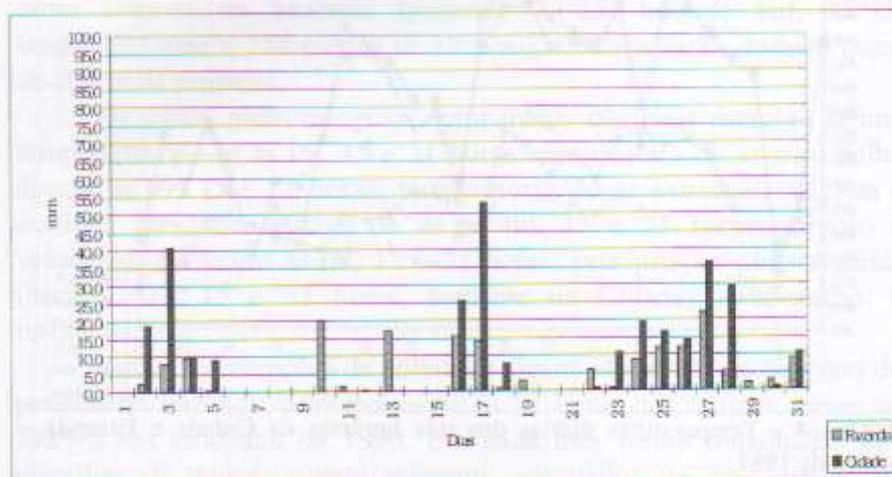


FIGURA 6 - Precipitação diária na Cidade e Fazenda - Janeiro de 1987

Os resultados dessa análise corresponderam ao estudo da seqüência ininterrupta de 1277 dias. Para a análise de cada mês consultaram-se as três planilhas de dados originais correspondentes a Cidade, Fazenda e Cidade-Fazenda, além dos treze gráficos relativos a relação entre Cidade-Fazenda listados anteriormente.

O primeiro ano da análise, 1987, foi muito regular, com elevadas correlações entre os dados de temperaturas na Cidade e Fazenda

(geralmente acima de 80%). O comportamento da temperatura nos diferentes horários na Cidade e na Fazenda no ano de 1987, em geral, confirmou o modelo clássico de formação de ilha de calor na área urbana, comparada a rural adjacente, durante o período noturno. As maiores diferenças de temperatura ocorreram às 21 horas. Predominaram temperaturas mais elevadas na Cidade nos horários das 09 e 21 horas, juntamente com as máximas e mínimas. A diferença média de temperatura Cidade-Fazenda no horário das 15 horas foi baixa.

A Fazenda registrou ligeiro aquecimento maior. Isso também confirma a formação de ilha de calor à tarde na área rural, como alguns autores já detectaram e que é atribuída em geral a própria característica das zonas rurais, que são áreas abertas que possibilitam um aquecimento mais rápido do solo e, conseqüentemente, um resfriamento também. Os valores de temperaturas mais elevadas na Fazenda à tarde foram, via de regra, próximos daqueles registrados nas temperaturas máximas, confirmando o horário de maior aquecimento próximo às 15 horas. À noite, embora na Fazenda registrou-se temperaturas mais elevadas em algumas ocasiões, seu resfriamento é mais rápido.

Já na Cidade, à noite, pela própria alteração do balanço de energia provocado pela urbanização, há maior emissão de radiação de ondas longas pelo organismo urbano armazenada durante o dia, o que explica a temperatura mais elevada às 21 horas. Somado a esse fator, a Cidade encontra-se mais "abrigada" pelas construções, o que dificulta a circulação e retarda o seu resfriamento.

Outra constatação foi a ocorrência de maior intensidade da Ilha de Calor noturna durante o inverno, atingindo a média de 1,7°C em julho (Cidade-Fazenda), a diferença mais elevada do ano. Os meses de junho e agosto também tiveram médias acima de 1°C entre as duas localidades. As temperaturas mínimas mais elevadas na Cidade também reforçam o conceito de máxima intensidade da Ilha de Calor no período de resfriamento da superfície durante a madrugada.

Tanto as similaridades quanto as diferenças positivas de temperatura Cidade-Fazenda (Cidade mais aquecida que a Fazenda) se verificaram, em geral, em condições de estabilidade atmosférica nos dois ambientes, observada nos outros elementos climáticos (ventos, chuva e umidade relativa).

A máxima intensidade da Ilha de Calor urbana neste ano foi de 5,3°C no dia 01 de julho, à noite. Em geral foram poucas as situações de aquecimento maior na Cidade ou Fazenda acima de 3°C. A maioria das

ocorrências de aquecimento maior na Fazenda, nos horários das 09 e 21 horas, se deu sob forte instabilidade atmosférica, verificada nos demais elementos, principalmente vento e precipitação. Muitas vezes as diferenças Cidade-Fazenda somente são justificadas pelas condições sinóticas.

A observação conjunta dos elementos climáticos nos dois ambientes sugere em algumas situações, atuações de diferentes tipos de tempo em ambos. As precipitações pluviométricas foram mais elevadas na Cidade nos meses de primavera-verão, e totalizaram 1489,8mm no ano. O total pluvial anual na Fazenda foi de 1291,4mm. Tais dados são insuficientes para afirmar que na Cidade a chuva é invariavelmente maior que seu entorno rural, como atestam alguns estudos de clima urbano.

Comparando o ano de 1988 com o anterior, percebeu-se a continuidade no comportamento das temperaturas das 09 horas e mínimas que, em geral, foram mais elevadas na Cidade. Às 15 horas as temperaturas foram predominantemente mais elevadas na Fazenda após os meses de verão, juntamente com as temperaturas máximas, que de janeiro a março tiveram média mensal mais elevada na Cidade. A máxima diferença de temperatura das 15 horas entre Cidade-Fazenda neste ano foi de 7,1°C superior nesta última em novembro, contra 5,1°C superior na Cidade em março. A média anual de temperatura foi 1,3°C maior na Cidade (contra 0,7°C do ano anterior). A diferença máxima absoluta ocorreu em julho, com 5,7°C a mais na Cidade. Em todos os meses as diferenças absolutas Cidade-Fazenda superaram os 2°C.

Percebeu-se mais uma vez a destacada influência das chuvas - instabilidade atmosférica - no comportamento das temperaturas. Em situações em que registraram-se chuvas em ambas as áreas, a tendência foi de aproximação dos dados, em geral com temperaturas mais elevadas à tarde na Fazenda e à noite na Cidade, confirmando os "princípios" da ilha de calor.

Quando a chuva ocorreu somente em uma das áreas, notou-se as maiores diferenças de temperaturas registradas, mais elevadas no local onde não choveu, mesmo que essa diferença tenha comparecido somente em um horário, voltando a equilibrar-se no horário de leitura seguinte. O total pluvial deste ano foi mais elevado na Fazenda, com 1460,1mm, ao passo que a Cidade totalizou 1315,0mm. As maiores diferenças ocorreram no verão. Os ventos tiveram intensidade maior na Fazenda (0,5, 0,8 e 1,4m/s respectivamente às 09, 15 e 21 horas), com

pequenas variações às 09 horas. A evaporação foi destacadamente maior na Cidade, como no ano anterior (média anual de 1,3mm/dia).

Em 1989 ocorreram diferenças absolutas mais elevadas de temperatura entre Cidade e Fazenda em outros horários, atingindo 14°C a mais na Fazenda no dia 03 de novembro às 15 horas. As temperaturas das 09 horas alcançaram a máxima diferença positiva na Cidade no inverno, com média de 2,1°C em junho e 2,7°C em julho. No dia 24 de setembro, a Cidade atingiu 8,0°C a mais que a Fazenda pela manhã, a máxima registrada nesse horário até o momento. Às 15 horas os extremos nas diferenças de temperatura foram maiores, com predominância de aquecimento na Fazenda.

Nos meses de inverno essas diferenças absolutas superaram 10,0°C em algumas situações específicas na Cidade, embora as médias mensais tenham sido em geral superiores na Fazenda (com exceção de junho e setembro, com respectivamente 0,3 e 0,5°C a mais na Cidade).

As diferenças Cidade-Fazenda também superaram os 10,0°C absolutos nos meses de inverno, em geral maiores na Cidade. As mínimas mantiveram-se mais elevadas na Cidade principalmente nos meses de outono-inverno, com médias entre 1,0 e 2,8°C superiores na Cidade, atingindo a diferença absoluta de 8,8°C a mais na Cidade no dia 10 de setembro. As correlações entre os dados neste ano foram as mais baixas das séries analisadas em geral, inferiores a 50,0%.

Também foi o ano mais chuvoso do período de análise na Fazenda. O total pluvial da Cidade foi de 1315,0mm e da Fazenda, 1460,1mm. Algumas disparidades nos dados entre as duas áreas despertaram a possibilidade de aceitação de controles climáticos diferenciados na Cidade e Fazenda neste ano. Ao passo que 1987, possuiu altas correlações entre os dados e que em geral as situações de formação das ilhas de calor corresponderam à que se tem conhecimento atualmente, o ano de 1989 foi em grande parte atípico, a começar pelas baixas correlações entre os dados.

Mesmo descartando os dados noturnos sob suspeita, aqueles registrados às 15 horas e as máximas foram em muitas situações bastante diferenciados. As diferenças nos totais pluviais de algumas situações destacadas também podem ser um indicativo desse controle diferenciado, embora nos anos anteriores as diferenças nos totais anuais entre Cidade e Fazenda tenham sido maiores.

O período analisado do ano de 1990 correspondeu somente ao primeiro semestre, pela ausência de dados da Fazenda para o restante. As médias de temperaturas mínimas foram invariavelmente mais elevadas na

Cidade, atingindo a média de 3,0°C maior na Cidade em junho. Também neste mês ocorreram as mais altas médias das temperaturas das 15 horas e máximas na Cidade: respectivamente 1,4 e 1,6°C sobre a Fazenda.

Nos meses de janeiro, maio e junho, em todos os registros, verificou-se temperaturas médias mais pronunciadas na Cidade. No mês de julho, às 09 e 15 horas, juntamente com as máximas e as mínimas, todas as diferenças absolutas de temperatura entre a Cidade e a Fazenda superaram 7,0°C.

Verificou-se na maioria dos casos, quando a Cidade esteve com a temperatura acima de 7,0°C comparativamente à Fazenda, registrou-se os dias mais frios na Fazenda. Da mesma forma, quando a Fazenda registrou temperaturas muito elevadas comparadas à Cidade, em geral foram os dias mais frios nesta. A maior diferença ocorrida neste ano foi na temperatura mínima em junho, quando na Fazenda foi registrado 10,9°C a mais que a Cidade, que sofreu a mais baixa temperatura registrada neste semestre: 3,5°C neste dia.

Em seguida são apresentados dois quadros que sintetizam as informações anuais dos diversos elementos climáticos tratados. Embora sejam médias anuais, bastante abstratas frente a análise diária de três anos e meio, os QUADROS 1 E 2 refletem parcialmente os resultados alcançados.

<i>Temperaturas do ar: Cidade e Fazenda</i>															
	<i>09 horas</i>			<i>15 horas</i>			<i>21 horas</i>			<i>Máximas</i>			<i>Mínimas</i>		
	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>C-F</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>C-F</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>C-F</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>C-F</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>C-F</i>
1987	20,7	20,2	0,5	25,9	26,0	-0,1	19,9	19,2	0,7	27,0	26,7	0,3	16,	15,4	0,7
1988	20,5	20,1	0,4	25,7	26,1	-0,4	19,7	20,6	-0,9	26,7	26,9	-0,2	16,	14,7	1,3
1989	20,2	19,6	0,6	25,2	26,1	-0,9	19,2	21,0	-1,8	26,2	26,7	-0,5	15,	14,5	1,3
1990	21,4	20,8	0,6	26,9	27,2	-0,3				27,9	27,6	0,3	17,	16,0	1,4
<i>X</i>	20,7	20,2	0,5	25,9	26,4	-0,4	19,6	20,3	-0,7	26,6	27,0	-0,4	16,	15,2	0,8
<i>S</i>	0,4	0,4	0,1	0,6	0,5	0,3	0,3	0,8	1,0	0,6	0,4	0,3	0,6	0,6	0,3
<i>̄ var</i>			2,4			-1,9			-3,6			-1,5			5,0

QUADRO 1 - Médias anuais de temperaturas horárias (9, 15 e 21 hs) e extremas (Max/min.) na Cidade e Fazenda e suas diferenças (Cidade-Fazenda) 1987-1990

O primeiro, sintetiza as variações médias anuais das temperaturas tratadas na análise e o segundo, para a umidade relativa, ventos e evaporação. Em ambos constam média, desvio padrão e percentagem de variação, com destaque para o que foi maior na Cidade ou Fazenda.

	Umidade Relativa (%)									Ventos (m/s)									Evaporaç (mm)			
	09 horas			15 horas			21 horas			09 horas			15 horas			21 horas			C	F	-F	
	C	F	-F	C	F	C-F	C	F	-F	C	F	-F	C	F	-F	C	F	-F				
987	76	78	-2,4	58	56	2,0	80	82	-2,2	1,9	2,5	-0,7	2,6	3,8	-1,2	1,7	2,8	-1,2	3,2	2,1	1,1	
988	73	77	-3,8	56	58	-2,3	78	76	2,6	1,9	2,4	-0,5	2,5	3,4	-0,8	1,7	3,1	-1,4	3,4	2,1	1,3	
989	76	78	-2,8	57	59	-1,8	81	74	6,8	1,9	1,8	0,0	2,5	2,7	-0,2	1,6	2,2	0,5	3,3	1,7	1,6	
996	77	80	-2,7	56	63	-6,8	81			1,8			2,5			1,3			3,5	2,0	1,5	
X	75	78	-2,9	57	59	-2,2	80	77	2,4	1,9	2,3	-0,4	2,5	3,3	-0,7	1,7	2,7	-1,0	3,4	2,0	1,4	
S	1,5	1,0	0,5	0,9	2,4	3,1	1,1	3,4	3,7	0,1	0,3	0,3	0,1	0,5	0,4	0,2	0,4	0,3	0,1	0,1	0,2	
%			-4,0			-3,5			3,7				-21,0			-32,0			-59,0			-59,0

QUADRO 2 - Médias anuais de umidade relativa, velocidade do vento e evaporação na Cidade e Fazenda e suas diferenças (Cidade-Fazenda) 1987-1990

5. TENDÊNCIA CLIMÁTICA

A Estação Meteorológica Principal de Sorocaba iniciou suas atividades no final do ano de 1949, na Fazenda Ipanema, ainda pertencente ao município de Sorocaba. Esteve em funcionamento até meados de 1992, com algumas interrupções no final da década de 70 e início de 80. Os dados obtidos nesta pesquisa, em sua maioria, referem-se aos resumos anuais, que apresentam informações mensais dos elementos de acordo com a sua disponibilidade para o período: temperaturas médias compensadas (1950-1991), temperaturas médias das máximas (1956-1991), temperaturas máximas absolutas (1956-1991), temperaturas médias das mínimas (1950-1991), temperaturas mínimas absolutas (1950-1991), umidade relativa média (1950-1991) e precipitação pluviométrica total (1950-1991).

As técnicas utilizadas para a análise de tendência foram basicamente os cálculos da Regressão e Correlação Linear Simples e da Média Móvel. Ambas são amplamente utilizadas na climatologia e permitem, em conjunto, estimar o relacionamento dos dados ao longo de numa seqüência temporal preferencialmente igual ou superior a três décadas, com vistas a uma avaliação de tendência climática. Linearmente, através da Reta de Regressão, e subsidiada pela informação das Médias Móveis, que acompanham regularmente a

oscilação dos dados amenizando os extremos isolados, foi possível avaliar as tendências de temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica na Fazenda Ipanema. Para os cálculos da Média Móvel foi utilizado o período de cinco anos.

Confeccionaram-se os gráficos mensais e anuais de cada parâmetro estabelecido, plotadas as Retas de Regressão Linear e as Linhas de Média Móvel. Acredita-se que esse tratamento para a avaliação de tendência sobre as temperaturas absolutas e precipitações pluviométricas não seja totalmente satisfatório, pelo fato dos dados muitas vezes representarem situações isoladas extremas e não contínuas, que geralmente independem do comportamento geral demonstrado.

Os episódios extremos e excepcionais continuarão a existir e suas magnitudes são em princípio imprevisíveis. De qualquer modo também foram aplicadas as técnicas para as temperaturas máximas e mínimas absolutas, juntamente com a precipitação, com o intuito de representarem mais um parâmetro para análise.

As figuras seguintes exemplificam essa etapa do trabalho e referem-se aos totais anuais (FIGURAS 7 a 9). Nestes, os valores de temperatura estão representados pela linha simbolizada; a curva que a acompanha representa as médias móveis; e a linha retilínea que atravessa os dados refere-se a reta de tendência ou regressão linear.

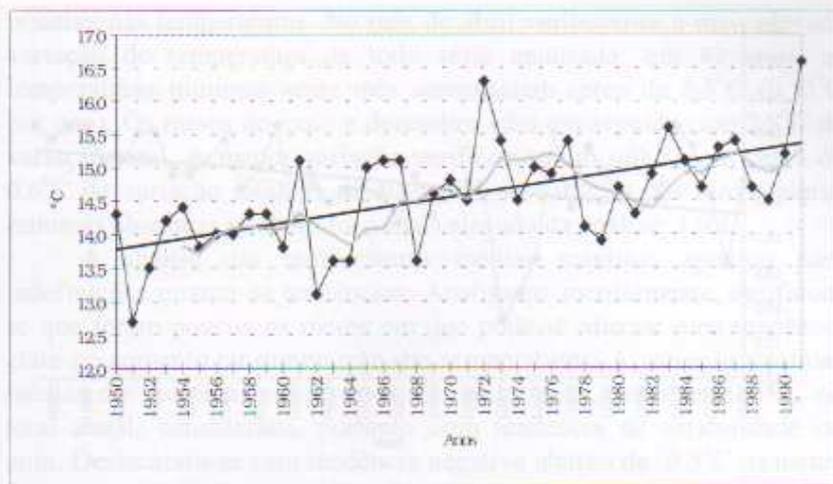


FIGURA 7 - Variação anual das temperaturas médias das mínimas na Fazenda Ipanema ajustada à média móvel (n=5) e à reta de regressão linear/ 1950-1991

As temperaturas médias das mínimas tiveram uma marcante tendência de aumento no período de 1950 a 1991, na ordem de $1,6^{\circ}\text{C}$.

Na análise mensal, com exceção de setembro e outubro, todos os demais tiveram aumento de mais de 1°C . Este bimestre apresentou valores muito baixos na variação total de temperatura nos 42 anos (menos de $0,5^{\circ}\text{C}$) e foram considerados meses de tendência estável ou nula. Em contrapartida, os meses de abril e maio apresentaram as maiores variações totais, com respectivamente $2,8$ e $3,3^{\circ}\text{C}$, tornando o outono a estação em que houve o maior incremento de temperatura, distanciando-se de suas características originais que, marcam o início da estação seca e relativamente mais fria, com a queda gradual em seus valores. O mês de agosto vem em seguida, com $2,1^{\circ}\text{C}$ de variação total. No restante dos meses, as variações totais estiveram entre $1,3$ e $1,9^{\circ}\text{C}$.

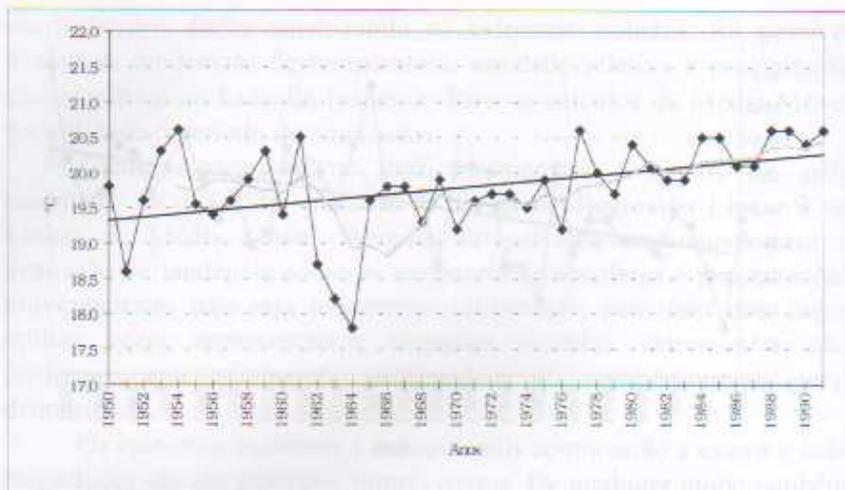


FIGURA 8 - Variação anual das temperaturas médias compensadas na Fazenda Ipanema ajustada à média móvel (n=5) e à reta de regressão linear/ 1950-1991

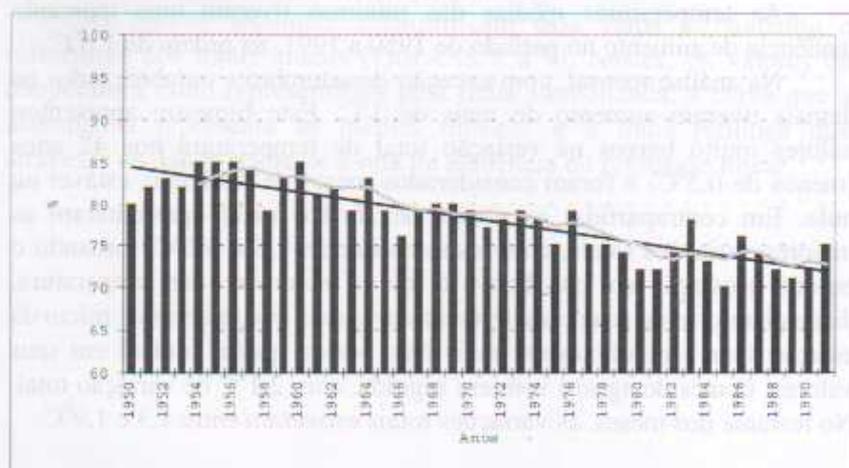


FIGURA 9 - Variação anual da umidade relativa média na Fazenda Ipanema ajustada à média móvel (n=5) e à reta de regressão linear/ 1950-1991

As temperaturas mínimas absolutas seguiram tendência similar. Com exceção do mês de junho, que apresentou tendência negativa (-0,8°C no total do período), o restante dos meses teve uma variação total

positiva nas temperaturas. No mês de abril verificou-se a mais elevada variação de temperatura de toda série analisada: em 42 anos, as temperaturas mínimas neste mês aumentaram cerca de $5,5^{\circ}\text{C}$ ($0,13^{\circ}\text{C}$ por ano). Os meses de maio e dezembro vêm em seguida com $2,8^{\circ}\text{C}$ de variação total. A menor variação verificou-se em julho, com cerca de $0,6^{\circ}\text{C}$ de variação total. A média anual de variação das temperaturas mínimas absolutas também foi a mais elevada da análise: $1,9^{\circ}\text{C}$.

A análise das temperaturas médias máximas apontou para indefinições quanto às tendências. Analisadas mensalmente, verificou-se que foram poucos os meses em que pode-se afirmar uma tendência clara no aumento ou diminuição das temperaturas: A variação total das médias das máximas em 36 anos foi muito baixa, cerca de $-0,05^{\circ}\text{C}$ no total anual, considerada, portanto com tendência de estabilidade ou nula. Destacaram-se com tendência negativa abaixo de $-0,5^{\circ}\text{C}$ os meses de inverno, de junho a setembro. Neste último ocorreu a maior variação, com $-2,7^{\circ}\text{C}$, ou seja, uma diminuição de quase três graus na média das máximas no mês de fevereiro em 36 anos.

Nos outros meses as variações oscilaram entre $-0,5$ e $-0,6^{\circ}\text{C}$. Os meses com tendência positiva nas temperaturas médias máximas foram: fevereiro (variação total de $0,7^{\circ}\text{C}$), março ($0,6^{\circ}\text{C}$), abril ($0,4^{\circ}\text{C}$), outubro (1°C) e novembro ($1,4^{\circ}\text{C}$). Com exceção deste último, os demais tiveram variação total de temperatura muito baixa, o que estatisticamente não pode ser considerado como tendência positiva, além da variação ter sido menor que o desvio padrão da série (1°C).

As temperaturas máximas absolutas apontaram para uma ligeira tendência negativa. A média da variação total foi de $-0,5^{\circ}\text{C}$, abaixo do desvio padrão. O mês de outubro foi o único que apresentou uma variação total positiva igual ou superior a $0,5^{\circ}\text{C}$. Os demais se alternaram entre tendências negativas e estáveis ou nulas. Os maiores destaques foram janeiro (variação total de $-1,3^{\circ}\text{C}$), novamente setembro (com variação de $-1,8^{\circ}\text{C}$) e dezembro ($2,1^{\circ}\text{C}$, a variação total mais elevada).

As temperaturas médias compensadas logicamente refletiram o comportamento das temperaturas extremas descritas anteriormente. A tendência média foi positiva, cerca de $0,7^{\circ}\text{C}$ de aquecimento em 42 anos. Embora baixo esse valor superou o desvio padrão da série, que foi de $0,6^{\circ}\text{C}$. O mês de setembro foi o único considerado com tendência

negativa (variação total de $0,7^{\circ}\text{C}$). Os meses de janeiro e julho tiveram tendência estável ou nula, e fevereiro ($1,2^{\circ}\text{C}$), abril ($1,7^{\circ}\text{C}$), maio ($1,4^{\circ}\text{C}$) e novembro ($1,3^{\circ}\text{C}$) tiveram as tendências positivas mais destacadas, acima de 1°C de variação total.

As tendências de umidade relativa média no período de 1950-1991 foram destacadamente negativas, com redução de cerca de 12,8% no total anual em 42 anos. Todos os meses apresentaram essa tendência, que variou de -8,4% em dezembro a -18,3% em outubro. A umidade relativa foi o parâmetro com os coeficientes de correlação (r^2) mais elevados de toda a análise, com comportamento semelhante em todos os meses. A análise dos dados mensais de umidade relativa média comprova a queda gradual em seus valores anuais no período analisado.

A tendência verificada para os valores anuais de precipitação pluviométrica foi positiva. A taxa de variação foi de 5,4mm por ano, o que totalizou um aumento de 227,3mm em 42 anos. Os meses que mais se destacaram na tendência positiva foram: maio (com variação total de 53,5mm), junho (com 43,7mm), novembro (60,6mm) e dezembro (44,8mm). Os meses de fevereiro e outubro tiveram tendência negativa, com respectivamente -39,6 e -20,8mm de pluviosidade. Os meses de janeiro, abril e agosto apresentaram tendência estável ou nula.

Analisando integralmente todos os dados, verificou-se que os principais elementos que demonstraram tendência nítida de variação foram as temperaturas mínimas, com considerável aumento e a umidade relativa, com redução gradual.

Os meses de abril/maio e setembro foram os de maior destaque no conjunto das análises de temperatura. Abril foi o mês de maior variação positiva nas temperaturas médias compensadas, nas mínimas absolutas e a segunda maior variação nas médias das mínimas. Maio seguiu tendência semelhante: teve a mais elevada variação total das médias das mínimas (FIGURA 10) e a segunda variação mais elevada das temperaturas mínimas absolutas e das médias compensadas. Efetivamente houve um aquecimento desigual nestes meses no decorrer de 42 anos, comparativamente aos demais.

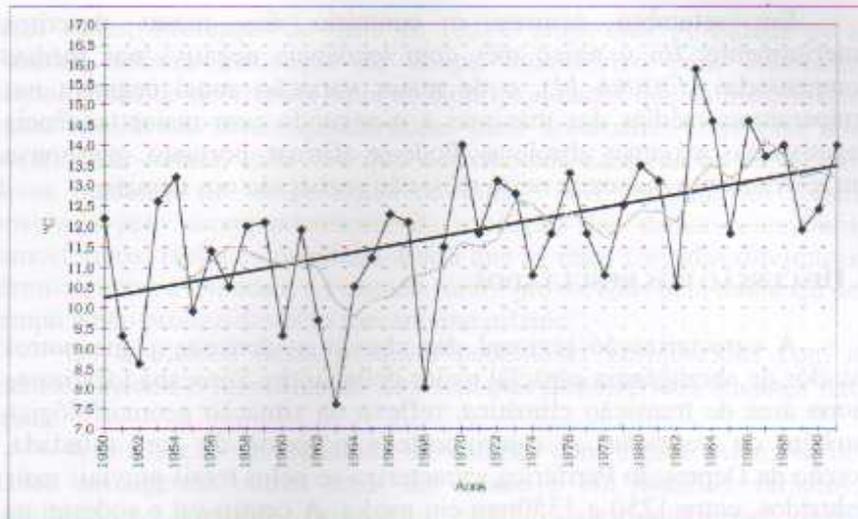


FIGURA 10 - Variação anual das temperaturas médias das mínimas em maio na Fazenda Ipanema ajustada à média móvel (n=5) e à reta de regressão linear/ 1950-1991

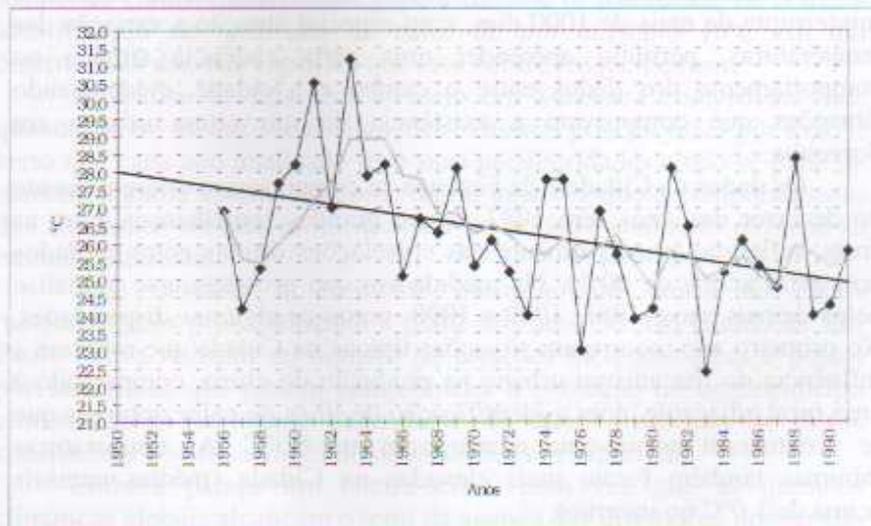


FIGURA 11 - Variação anual das temperaturas médias das máximas em setembro na Fazenda Ipanema ajustada à média móvel (n=5) e à reta de regressão linear/ 1956-1991

Em setembro ocorreu o contrário dos meses descritos anteriormente: foi o único mês com tendência negativa nas médias compensadas (FIGURA 11), o de maior variação anual negativa nas temperaturas médias das máximas e o segundo com maior tendência negativa nas máximas absolutas. Pode-se afirmar, portanto, que houve um resfriamento incomum neste mês, não registrado nos demais.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A caracterização regional das chuvas evidenciou o que outros estudos de abrangência espacial maior delinearam: Sorocaba localiza-se numa área de transição climática, reflexo da situação geomorfológica também de transição. A centro-norte e noroeste da área estudada, porção da Depressão Periférica, caracteriza-se pelos totais pluviais mais reduzidos, entre 1250 e 1350mm em média. A centro-sul e sudeste, na borda do Planalto Atlântico, identifica-se uma área com totais pluviais mais elevados, entre 1400 e 2000mm. Verificou-se a extrema variação pluviométrica que os setores estão sujeitos.

A análise conjunta dos elementos climáticos numa seqüência ininterrupta de mais de 1000 dias, com especial atenção a variação das temperaturas, permitiu apreender uma certa cadência rítmica no comportamento dos dados entre o campo e a cidade, evidenciando situações que comprovam a existência de um clima urbano em Sorocaba.

Os dados da Cidade e da Fazenda se comportaram diferentemente no decorrer dos anos. Em 1987, houve grandes semelhanças entre as áreas, refletidas principalmente nas correlações diretas entre os dados (em geral acima de 80%). Na medida em que prosseguiu-se a análise pelos demais anos -1988, 1989 e 1990- notou-se algumas disparidades. No primeiro ano, ocorreram situações típicas na Cidade que refletem a influência do mecanismo urbano na produção do clima, comparando à área rural adjacente, com a identificação de ilhas de calor noturnas que se acentuaram no inverno e atingiram até 5,3°C. As temperaturas mínimas também foram mais elevadas na Cidade (médias mensais acima de 1,0°C no inverno).

Todos os indicativos conduziram a aceitar as duas áreas como inseridas em um mesmo contexto climático local, até culminar nos anos de 1989 e 1990, com muitas situações que sugeriram controles climáticos diferenciados na Cidade e Fazenda, capazes de gerar, não

raras vezes, diferenças de mais de 10,0°C entre elas. A Cidade ou a Fazenda sofrem mudanças de tempo atmosférico com intervalos cronológicos de ocorrência entre as duas localidades que na maioria das vezes resulta nas diferenças térmicas mais acentuadas entre elas nos horários de leitura, uma vez que determinada área recebe os efeitos dessa mudança de tempo antes da outra. Tais constatações foram possíveis pelo acompanhamento da evolução dos demais elementos atmosféricos. Ficou evidenciado assim que as mais elevadas diferenças térmicas entre a Cidade e a Fazenda foram provocadas pela mudança de tempo e não produzidas pelo mecanismo urbano.

Os resultados desta pesquisa podem ser enriquecidos com a análise sinótica e identificação dos sistemas atmosféricos atuantes nas áreas.

A realização de trabalhos de campo, com coleta extensiva de dados abrangendo outras áreas da cidade e em horários variados, auxiliaria no controle necessário para o aprofundamento dessa investigação. Outra constatação decorre da extensão do período de análise.

Como a maioria dos estudos de clima urbano analisa seqüências temporais curtas, muitas vezes generalizam-se os resultados. Se houve a identificação de uma ilha de calor de por exemplo 10°C em um determinado dia, não significa que isso ocorre freqüentemente.

A análise de três anos e meio em Sorocaba comprovou isso, quando foram identificadas situações extremas poucas vezes por mês. É certo que cada ano analisado teve suas peculiaridades e não se pode de maneira alguma assumi-los como regra, uma vez que o comportamento dos elementos climáticos no decorrer do período analisado mostrou-se bastante diferente.

Vale destacar a crescente limitação de oferta de dados meteorológicos principalmente a partir dos anos 90. No Estado de São Paulo houve redução no número de estações meteorológicas e postos pluviométricos que podem comprometer a evolução do conhecimento climatológico, totalmente dependente de séries históricas de dados consistentes obtidos através de observações em superfície.

Embora pareça um contra-senso, uma vez que as questões climáticas globais alcançam o topo da agenda das discussões ambientais nos países mais importantes do globo, no Brasil vê-se a desvalorização do setor, que encerra as atividades de postos centenários sob o pretexto de redução de gastos, com poucas perspectivas de ampliação e melhoria da rede. Os progressos no campo tecnológico não substituem as

observações em campo, que devem manter ininterruptas suas séries para a correta análise e compreensão dos climas atuais e suas possíveis tendências, variabilidades e mudanças.

Com relação a análise de tendência na Fazenda Ipanema, destaca-se o aumento das temperaturas mínimas médias, na ordem de $1,6^{\circ}$ no total anual de 1950 a 1991, atingindo $3,3^{\circ}\text{C}$ no mês de maio. As mínimas absolutas também seguiram tal tendência, com incremento de $1,9^{\circ}\text{C}$ no período e com a máxima variação mensal em abril, de $5,5^{\circ}\text{C}$. O mês de setembro apresentou tendência de queda nas temperaturas máximas médias e absolutas, respectivamente $-2,7^{\circ}$ e $-1,8^{\circ}\text{C}$ em 36 anos. A umidade relativa foi outro elemento que teve variação acentuada, neste caso negativamente. Houve uma redução de cerca de 13% em 42 anos.

Os demais parâmetros analisados não demonstraram variação relevante, a ponto de caracterizar uma tendência. Os meses de abril, maio e setembro, sazonalmente intermediários, que abrem e fecham o outono-inverno, tiveram, portanto comportamento diferenciado.

Os resultados alcançados sugerem que está havendo um possível prolongamento das características do verão até abril/maio, com temperaturas mais elevadas e, conseqüentemente uma extensão do inverno mais característico até setembro, com temperaturas mais reduzidas. É de extrema relevância aprofundar tais investigações, e verificar se essas tendências também são apresentadas em outras áreas. São prováveis alterações no ritmo climático que podem interferir, com intensidade variada, nas atividades humanas.

Como se pode notar, os resultados apontam para o aquecimento e são realmente similares aos verificados em outros estudos de tendência, salvo um aspecto: a localização da estação fornecedora dos dados.

Quase invariavelmente os estudos de tendência são realizados com dados de estações meteorológicas urbanas e conseqüentemente as tendências de aquecimento encontradas são também em sua maioria atribuídas à urbanização, uma vez que referem-se às últimas décadas, exatamente as que tiveram maior taxa de crescimento populacional e de expansão urbana.

Seria o aquecimento identificado nos estudos de tendência de fato resultado das interferências antrópicas? Pesquisas que avaliaram tendências de temperatura neste período em outras áreas confirmam o aquecimento nas últimas décadas, como os trabalhos de BRANDÃO (1987), SANSIGOLO et al. (1990) e MAITELLI (1994). Embora os resultados obtidos na Fazenda Ipanema habilitem afirmar que há

mudança climática, entendendo-a como uma variação em um dos atributos principais do clima em mais de trinta anos, o tema ainda é bastante controverso. TARIFA (1994, p.15) afirma que *"Uma das maiores dificuldades para este tipo de avaliação é a correta compreensão das variações dos atributos climáticos no tempo e no espaço"*, e que é ...*"muito difícil separar as oscilações climáticas naturais, daquelas decorrentes dos processos antropogênicos"*.

A esse respeito BRANDÃO (Op. Cit., p.186, v.1) concluiu, em sua dissertação de mestrado aplicada ao estudo das tendências e oscilações térmicas na área metropolitana do Rio de Janeiro:

"Os aumentos constatados através da análise...(...) não devem ser atribuídos apenas à urbanização. Esta, incluindo todos os seus resultantes, tem papel muito importante no aquecimento da cidade...(...). Considera-se mais prudente atribuir as tendências de longo período, como as verificadas no Rio de Janeiro, à influência exercida por fenômenos globais de natureza diversa, podendo-se citar as modificações produzidas na circulação geral da atmosfera, erupções vulcânicas, aumento do gás carbônico na atmosfera, além das citadas manchas solares, dentre outros. A estes, somam-se as interferências antrópicas, em escala local, no sentido de aumentar, acelerar ou até mesmo de inverter tais tendências".

MAITELLI (Op. Cit.) afirmou categoricamente que o crescimento urbano influenciou positivamente a tendência de aumento das temperaturas mínimas médias em Cuiabá-MT, uma vez que o período analisado (1970-1992) teve crescimento populacional mais intenso. Pelo fato de analisarem dez cidades e encontrarem tendências de aquecimento maiores nas cidades também maiores, e não identificarem tendências em outras em períodos próximos, SANSIGOLO et al. (Op. Cit.) afirmaram que tais resultados sugerem que esses diferentes comportamentos *"sejam devidos à urbanização e não ao aquecimento global que poderia ser provocado pelo 'efeito estufa'"* (p.33).

Embora descartem a possibilidade do fenômeno global como suposto responsável, não justificam satisfatoriamente porque algumas

idades, que também tiveram acentuado crescimento nas últimas décadas, não apresentaram igual tendência positiva. MOLION (1995) conclui que o aumento da temperatura global em 0,5°C, apontado em muitos estudos, é questionável. Segundo ele, *"pode ser apenas uma variabilidade natural do clima, causada não por ações humanas que liberam gás carbônico mas por outros fenômenos (...) a maioria das estações climatológicas em funcionamento se localiza em áreas urbanas ou foram mudadas para locais que podem ter condições microclimáticas distintas"* (p.27), o que torna impossível corrigir essas peculiaridades introduzidas nas séries temporais. Como exemplo cita os dados médios anuais do ar coletados nos Alpes da Bavária desde 1780, cuja localidade não sofreu modificação alguma durante esse período (até 1989): *"Nota-se que as médias estiveram mais altas do que as atuais do final do século XVIII até o início do século XIX e que entre 1830-1900, aproximadamente, ficaram bem abaixo delas. Coincidentemente, esse foi o período em que as séries de Jones e colaboradores, por exemplo, começaram. Se houvesse mais dados anteriores a 1850, certamente a história do aquecimento global não seria a mesma"* (p.27).

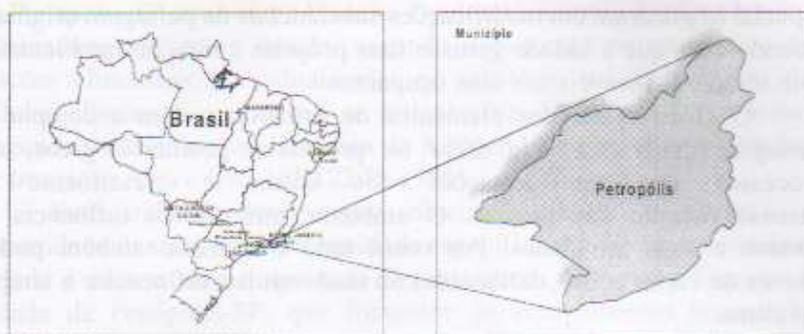
A tendência de aquecimento verificada na Fazenda Ipanema não está relacionada a interferência do mecanismo urbano, o que aponta para causas de outra ordem e escala, que neste contexto podem refletir os efeitos de fenômenos globais de natureza diversa, ou mesmo uma variabilidade natural do clima como causa mais provável. De qualquer modo, as alterações na superfície produzidas pelas atividades humanas, seja em áreas urbanas pelo próprio processo de urbanização, ou em áreas rurais pelos desmatamentos e queimadas, são capazes de alterar o clima da área abrangida e as conseqüências desses efeitos em outras escalas ainda são pouco conhecidos na dimensão global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDÃO, A.M. de P. M. Tendências e oscilações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro. São Paulo: Depto de Geografia/FFLCH/USP, 1987. 196p. 2v. (Dissertação de Mestrado).
- MAITELLI, G.T. Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT. São Paulo: FFLCH/USP, 1994. 199p. (Tese de Doutorado).

- MOLION, L.C.B. Um século e meio de aquecimento global. In Revista Ciência Hoje. Rio de Janeiro: SBPC, 1995. v.18, n.107. pp.20-29.
- MONTEIRO, C.A. de F. A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo. São Paulo: IGEOG/USP, 1973. 129p. (estudo em forma de atlas).
- _____. Teoria e clima urbano. São Paulo: USP, 1976. (Tese de Livre Docência)
- _____. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano do Brasil. In Revista GEOSUL 9. Florianópolis: Editora da UFSC, 1990. p.7-19.
- _____. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. In Revista GEOSUL 9. Florianópolis: Editora da UFSC, 1990. p.61-79.
- _____. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um "Clima Urbano". In Revista GEOSUL 9. Florianópolis: Editora da UFSC, 1990. p.80-114.
- SANSIGOLO et al. Tendências nas temperaturas médias no Brasil. In Revista Climanalise. São José dos Campos: CPTEC/MCT/INPE, 1990. v.5. n.9. p.33-41.
- SANTOS, E.O. Geomorfologia da Região de Sorocaba e alguns de seus problemas. In Boletim Paulista de Geografia. São Paulo: AGB/SP, 1952. N.12. pp.2-29.
- SÃO PAULO (SP) - GOVERNO DO ESTADO Organização regional do Estado de São Paulo: polarização e hierarquia dos centros urbanos. São Paulo: Secretaria do Interior/Coordenadoria de Ação Regional, 1982.
- SÃO PAULO (SP) - INSTITUTO GEOLÓGICO Subsídios do Meio físico-geológico ao planejamento do município de Sorocaba(SP). São Paulo: IG/SMA, 1990. v.1. 163p.
- SOROCABA (SP) - PREFEITURA MUNICIPAL. Relatório do novo plano diretor, zoneamento e plano viário do município de Sorocaba. Sorocaba: Secretaria de Edificações e Urbanismo, 1990. 58p.
- TARIFA, J.R. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. In Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: Dep. de Geografia/ FFLCH/ USP, 1994. V.8. p.15-27.
- TAVARES, R. O clima local de Sorocaba: tendências e análise comparativa cidade-campo. São Paulo: Depto de Geografia/FFLCH/USP, 1997. 205p. (Dissertação de Mestrado)

O CLIMA URBANO DE PENÁPOLIS-SP: UM EPISÓDIO DE INVERNO



LUCIANA TESSARI DA SILVA
JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI
MARGARETE C. DA COSTA TRINDADE AMORIM

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os estudos sobre o clima das cidades se intensificaram, principalmente, devido ao processo de urbanização acelerado e generalizado.

A urbanização no Brasil se desenvolveu, em sua grande maioria, de forma desordenada, principalmente após a década de cinquenta, com o êxodo rural, que originou novas cidades e provocou o crescimento das já existentes.

A concentração da população nas áreas urbanas e a expansão espacial implicaram em modificações substanciais da paisagem original, fazendo com que a cidade gerasse suas próprias condições ambientais, nem sempre favoráveis aos seus ocupantes.

O clima é um dos elementos de primeira ordem a compor a paisagem geográfica. Ele afeta os processos geomorfológicos, os processos das transformações dos solos, o crescimento e desenvolvimento das plantas. O ambiente atmosférico influencia o homem e suas atividades. Por outro lado o homem também pode, através de várias ações, deliberadas ou inadvertidas, influenciar o tempo e o clima.

O maior impacto do homem sobre o clima acontece nas áreas urbanas (AYOADE, 1991). A cidade altera o clima, principalmente na micro-escala e na meso-escala, através das transformações em sua superfície, em geral aumentando o calor e a precipitação, e modificando o fluxo dos ventos e a umidade do ar. Admite-se que em nível local os mecanismos do clima não são modificados em função da ação antrópica, embora ocorram alterações em alguns dos seus elementos próximos à superfície, tais como a temperatura, a umidade, a precipitação, a nebulosidade e a insolação.

Quanto maior for a aglomeração urbana, maior será a distinção entre as características do espaço urbano do espaço natural, pois se comparadas com as paisagens circunvizinhas, a cidade geralmente provoca um enrugamento, aquecimento, e talvez ressecamento das condições da superfície (OKE, 1978).

Neste sentido, a topografia, uso do solo, o jogo entre os espaços abertos e fechados, ou seja, as condicionantes geoambientais, devem ser investigadas pela Climatologia, a fim de que possa haver um

diagnóstico das alterações que ocorrem no bojo da atmosfera urbana, de modo que estas investigações possam contribuir para o planejamento.

A cidade de Penápolis-SP ao Noroeste do Estado de São Paulo (lat. 21°26'S, long. 50°04'W e 425 m de altitude) possui uma área de 810 quilômetros quadrados, sendo 15 deles de área urbana, com aproximadamente cinquenta e oito mil habitantes.

A região de Penápolis-SP possui o tempo e o clima controlados pelas massas de ar Polar Atlântica (mPa), Tropical Atlântica (mTa), Equatorial Continental (mEc) e Tropical Continental (mTc), conforme os estudos de Monteiro (1976). Ainda, conforme esse autor, o município de Penápolis-SP situa-se no Planalto Ocidental, possuindo clima tropical alternadamente seco e úmido, segundo o esquema representativo das feições climáticas individualizadas no território paulista, dentro das células climáticas regionais e as articulações destas nas faixas zonais. Segundo a classificação climática de Köppen, a região situa-se em área de transição Awa e Cwa (SETZER, 1996).

Este trabalho teve como objetivo analisar a evolução e intensidade da temperatura e umidade específica em diferentes locais da cidade e contou com o apoio do Departamento de Água e Esgotos da cidade de Penápolis-SP, que financiou os equipamentos necessários (abrigos termométricos e os psicrômetros) e disponibilizou os funcionários das unidades dos reservatórios de água para realização das leituras diuturnamente.

Na cidade de Penápolis-SP, vários trabalhos que vem sendo desenvolvidos, que demonstram uma preocupação com a qualidade ambiental e de vida da população. Dentre eles destacam-se as atividades relacionadas à conscientização da população sobre a necessidade do uso racional dos recursos naturais, através da reciclagem do lixo, disposição final dos resíduos sólidos (aterro sanitário e lagoas de tratamento), manejo do manancial de abastecimento e do solo e etc. Todas estas atividades são executadas pelo Departamento de Água e Esgotos no plano de gestão ambiental voltados a cidade e a região.

Assim, os resultados desta pesquisa, poderão não só contribuir para os estudos de clima urbano, mas também fornecer subsídios para o planejamento urbano e ambiental.

I. METODOLOGIA

Buscando identificar a evolução e a intensidade dos campos térmicos diuturnamente, realizaram-se experimentos de campo em vários locais determinados na malha urbana de Penápolis-SP. O experimento contou com equipamentos bem simples, do tipo de miniabrigos meteorológicos, com um psicrômetro e uma fita para indicar a direção do vento (Figura 1). O experimento foi levado a cabo em um mês representativo de inverno e sob a atuação de diferentes sistemas atmosféricos.

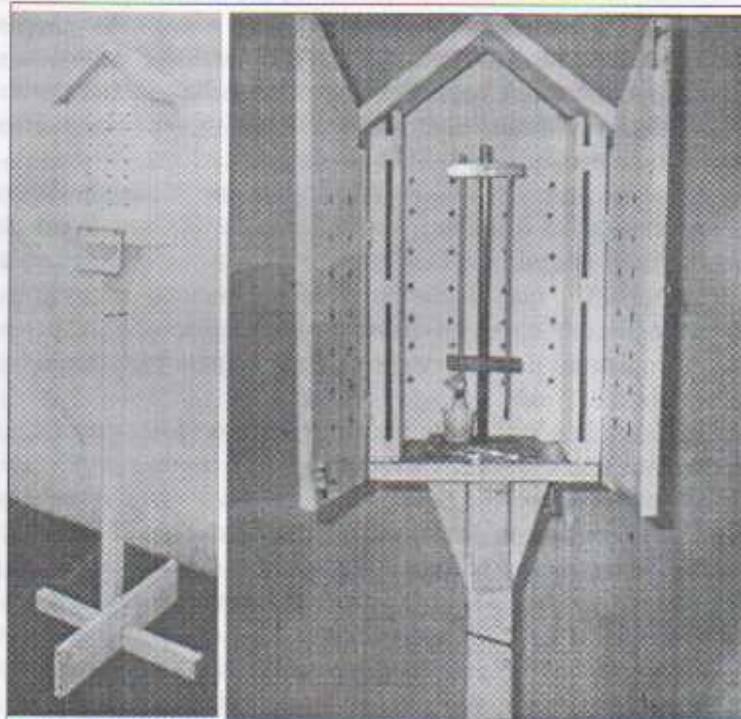


FIGURA 1. Conjunto psicrométrico dentro do mini-abrigo meteorológico. A fita para indicar a velocidade dos ventos foi amarrada no suporte do abrigo.

Foram selecionados sete locais para instalação dos mini-abrigos para os levantamentos de campo, considerando aspectos geoecológicos, tais como relevo e vegetação e os componentes antrópicos, tais como pavimentação, densidade demográfica e densidade de construção. Estes locais foram escolhidos aproveitando a infra-estrutura oferecida pelo Departamento de Água e Esgoto em função da disponibilidade dos funcionários para a realização e acompanhamento das medidas.

Os locais selecionados foram os seguintes:

1. *Reservatório do Jardim Tôquio*: situado em uma região deste bairro residencial com predominância de casas térreas, localizado ao lado de uma estrada vicinal. Trata-se de área arborizada em que o único elemento vertical nas proximidades é o reservatório de água. A altitude média do local é de 420 metros;
2. *Reservatório do Jardim Mutirão*: situado em área do distrito industrial da cidade, num cenário suburbano típico com predominância de terrenos não construídos. A altitude média do local é de 420 metros;
3. *Reservatório do Jardim Pevi*: encontra-se em área de expansão de um novo bairro com poucas residências e pouca arborização. A altitude média do local é de 410 metros;
4. *Captação de Água*: situado em área afastada do aglomerado urbano com vasta área verde do Ribeirão Lajeado. Presença de uma indústria de tratamento de couro a 100m e tráfego constante de veículos. A altitude média do local é de 410 metros;
5. *Lagoa de Tratamento de Esgoto*: situado em área verde densa e próxima do Ribeirão Lajeado, sendo um local com boa ventilação. A altitude média do local é de 400 metros;
6. *Estação de Tratamento de Água*: encontra-se em bairro com predominância de casas térreas, com alguns estabelecimentos comerciais e de constante tráfego de veículos, tendo como únicos elementos verticais na região um condomínio e os reservatórios existentes nesta unidade. A altitude média do local é de 430 metros e
7. *Prefeitura*: situa-se na área central da cidade, com constante tráfego de veículos, com alguns elementos verticais do tipo de prédios residenciais e comerciais e com considerável atividade comercial. A altitude média do local é de 400 metros.

Foram realizadas medidas térmicas e higrométricas, de duas em duas horas durante os trinta e um dias do mês de julho de 1999. Os dados gerados por este procedimento serviram de base para a análise da evolução e da intensidade das ilhas de calor em Penápolis-SP. Também foi analisado o comportamento dos campos de umidade.

2. CARACTERÍSTICAS TERMO-HIGROMÉTRICAS DE PENÁPOLIS-SP

A seguir foram delineadas uma série de resultados que foram alcançados a partir do experimento já descrito. Devido ao grande número de imagens produzidas, serão apresentadas aqui, apenas algumas imagens mostrando as situações mais características.

À uma hora da madrugada, a temperatura média de todos os locais de observação, durante todo o mês de julho, foi de 18,2°C. Os locais Prefeitura e Sede mantiveram-se mais quentes em relação a todos os demais locais durante a maior parte do mês, com uma temperatura média da ordem de 22°C. Os locais Captação e Lagoa apresentaram-se mais frios na maioria dos dias, com temperatura média da ordem de 16°C. Os gradientes térmicos diários do mês foram moderados, mas se mostraram significativos, variando de aproximadamente 3°C a 5°C, com pouca calmaria. Nos dias atípicos, o gradiente térmico alcançou valores de até 8°C, como nos dias 23, 24 e 25. Nestes trinta e um dias do experimento, ocorreram seis dias que não acompanharam este comportamento descrito.

O valor da umidade específica média dos locais de observação, durante o mês de julho, foi de 11,8 g/kg. Ocorreram dois padrões de comportamento da umidade acima da média: durante o período de 1 a 11 de julho, a umidade apresentou o maior valor na Sede, e o menor valor aconteceu na Captação. Ocorreram exceções em quatro dias do mês.

Neste horário, percebeu-se que a porção central e os bairros densamente ocupados, como a Prefeitura, Sede, Tóquio e Mutirão se mantiveram mais quentes do que as áreas circunvizinhas: Peví, Lagoa e Captação. Nesse horário, a cidade, na sua porção mais densamente ocupada emite mais radiação térmica (calor) e como tem menor quantidade de vapor no ar, a energia emitida é usada para aquecer o ar (calor sensível). Por outro lado, os locais situados em áreas densamente vegetadas, com maior índice de evapotranspiração e, por conseguinte,

com maior quantidade de vapor d'água, faz com que o calor emitido seja absorvido, em maior parte pelo vapor (calor latente), deixando menos calor disponível para aquecer o ar.

Às três horas da madrugada, a temperatura média de todos os locais de observações durante todo o mês de julho foi de 17,1°C. Os locais Prefeitura e Sede mantiveram-se mais quentes em relação aos demais locais, na maioria dos dias do mês, com temperatura de aproximadamente 20°C. Os locais Lagoa e Captação, na maioria dos dias, mantiveram-se com temperaturas abaixo da média, em cerca de 14°C. Os gradientes térmicos diários do mês foram significativos, oscilando entre 5°C e 6°C. Houve calmaria em vários locais. Nesses trinta e um dias de execução do experimento, seis dias não acompanharam o comportamento térmico descrito acima, devido a atuação de sistemas frontais na região. A figura 2 mostra o campo térmico de três dias do mês de julho de 1999 em Penápolis-SP.

A umidade específica média desse horário, durante o mês de julho, manteve-se em 11,5g/kg. Na maioria dos dias os valores de umidade específica se apresentaram acima da média nos locais Sede e Prefeitura.

De modo geral, observou-se que neste horário os menores gradientes térmicos na faixa de 0,5°C a 3°C e os maiores gradientes térmicos ocorreram durante dois dias, com valores de 7°C e 8°C. Notou-se que esse horário apresenta as mesmas características do horário da uma da madrugada.

Às cinco horas da madrugada, a temperatura média dos locais de observação, durante todo o mês foi de 16,4°C. Notou-se que nesse horário a temperatura decresceu cerca de 1,8°C, em média, se comparada aos valores do horário da uma da madrugada.

O comportamento da temperatura é análogo aos outros horários e as temperaturas acima da média, aproximadamente 18°C, se concentraram nos locais Prefeitura e Sede, na maioria dos dias do mês.

Os locais Captação e Lagoa apresentaram-se mais frios, cerca de 12°C, na maioria dos dias. Os gradientes térmicos diários foram moderados, variando de 2°C a 6°C, com calmaria em vários locais. Seis dias do mês tiveram gradientes térmicos abaixo de 3°C foram. Seis outros dias apresentaram gradientes térmicos atípicos, em relação aos demais dias do mês. Nesses dias os ventos estiveram presentes e também houve a atuação de sistemas frontais. Nesses trinta e um dias de

medidas, apenas três dias não acompanharam esse comportamento da temperatura descrito acima.

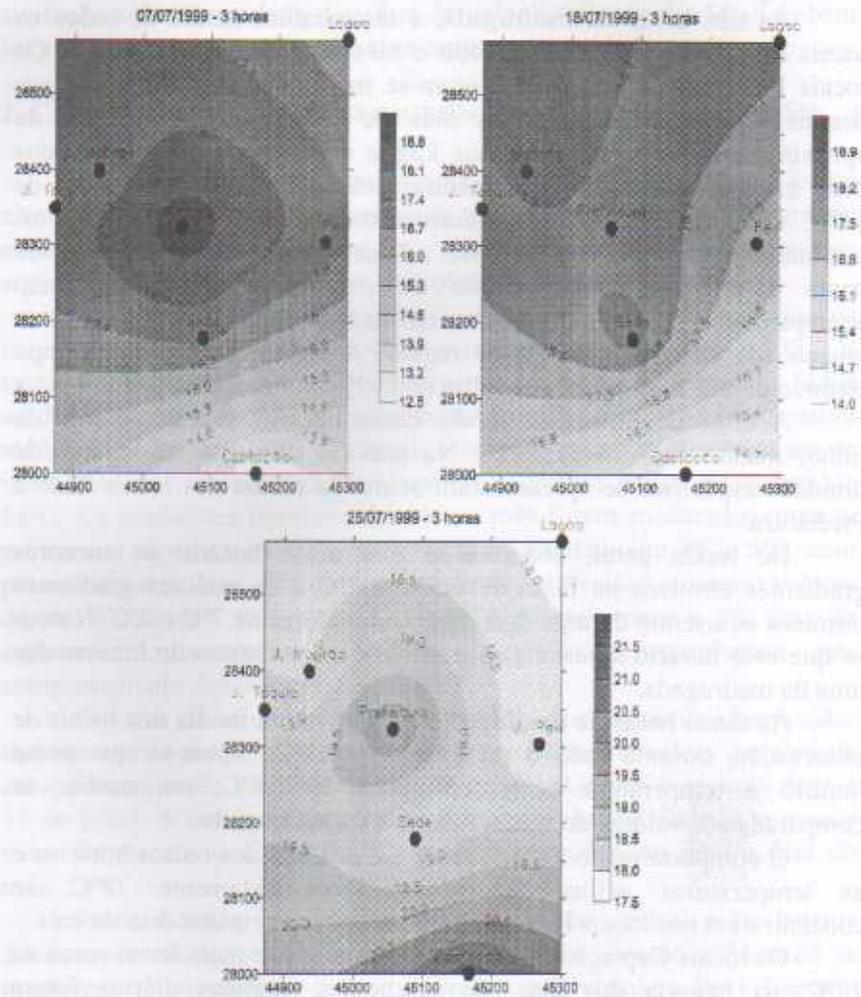


FIGURA 2. Campos térmicos às 3 horas da madrugada dos dias 7, 18 e 25 de julho de 1999. Observe a perfeita definição de uma ilha de calor no dia 7.

No dia 8, o gradiente térmico era moderado, na faixa de 4°C. Só havia ventos nos locais Captação (N), Prefeitura (S), Mutirão (E) e Tóquio (S). Nos demais locais havia calma. O local Pevi, com temperatura de 16,8°C esteve mais quente os locais Lagoa, Mutirão, Tóquio, Sede, com temperaturas de cerca de 13°C, estavam com temperaturas abaixo da média.

No dia 24, o gradiente, nesse horário, apresentou-se atípico, se comparado aos outros dias do mês, com um valor de 7°C. Houve ventos, nesse dia, nos locais: Pevi (N), Prefeitura (N), Mutirão (E), Sede (N), Tóquio (O) e Lagoa (N). A calma predominou no local Captação. A temperatura foi acima da média na Captação (23°C) e abaixo da média nos locais da Prefeitura, Sede e Pevi (17,5°C).

A umidade específica média dos locais de observação, durante o mês de julho, foi de cerca de 11,2 g/kg. Durante a maioria dos dias, os locais Prefeitura, Sede, Pevi e Mutirão mostraram valores de umidade específica acima da média, com 12 g/kg. Os locais Captação e Lagoa, na maioria dos dias, apresentaram-se abaixo da média, com 9 g/kg. Em nove dias, ocorreram exceções.

Observou-se uma correlação entre a umidade específica e a temperatura. Em onze dias do mês de julho, os locais com temperaturas acima da média, também tiveram valores de umidade específica acima da média.

Às 7 horas da manhã, a temperatura média de todos os locais de observação, durante o mês de julho foi de 15,9°C. Nesse horário, a temperatura decresceu em cerca de 2,3°C, quando comparadas aos valores da uma da madrugada. A presença da radiação solar e a presença de ventos fizeram com que o gradiente térmico diminuísse. Dezesesseis dos trinta e um dias do mês de julho, mantiveram gradientes térmicos abaixo de 3°C. Dois dias apresentaram gradientes térmicos atípicos em relação aos demais dias do mês nesse horário. Nesses dois dias houve calma e também atuação de sistemas frontais. O gradiente térmico médio girou em torno dos 5°C.

Com a presença da radiação solar e dos ventos a temperatura muda um pouco o padrão de predomínio dos outros horários, com muitas variações entre os dias do mês. De modo geral, na maioria dos dias a temperatura se manteve acima da média da cidade nos locais Prefeitura e Sede, com 19°C. Os locais Captação e Lagoa, com temperatura de 12°C apresentaram-se mais frios na maioria dos dias.

Nesses trinta e um dias de medidas, em apenas três deles a temperatura não acompanhou o comportamento descrito acima.

Nesse horário o valor médio da umidade específica dos locais de observação durante o mês de julho foi 10,3 g/kg.

Às nove horas, a temperatura média dos locais de observação, durante o mês de julho, foi de 18,9°C. Notou-se que nesse horário a temperatura aumentou entre os locais em cerca de 3°C, se comparado ao horário anterior. A figura 3 mostra o campo térmico de Penápolis-SP, às nove horas, de três dias do mês de julho de 1999.

A presença da radiação solar e dos ventos fez com que o gradiente térmico tendesse a diminuir. O gradiente térmico, neste horário, se manteve em cerca de 3°C na maioria dos dias do mês. Em onze dias ocorreram gradientes térmicos abaixo de 3°C. Cinco dias foram atípicos com gradientes térmicos entre 6°C e 7°C.

O comportamento da temperatura continuou com o mesmo ritmo dos outros horários. As temperaturas acima da média se concentraram nos locais Prefeitura e Sede, na maioria dos dias do mês, com cerca de 21°C. Apresentou-se mais frio, na maioria dos dias, os locais da Captação e Lagoa, com cerca de 20°C.

Nesses trinta e um dias de medidas, apenas quatro não acompanharam este comportamento de temperatura descrito acima.

Percebeu-se nesse horário, nitidamente, a concentração de temperaturas acima da média no local da Prefeitura. Comparando-se com os demais horários, observou-se a intensificação deste fenômeno a cada horário.

Neste horário a umidade específica média dos locais de observação, durante o mês de julho, foi da ordem de 10,7 g/kg.

De maneira geral, notou-se vários padrões de comportamento para os valores acima da média e não foi possível definir nenhum padrão para os valores abaixo da média. Em apenas 11 dias do mês de julho foi possível averiguar algum padrão para o comportamento das temperaturas da cidade.

Às onze horas, a temperatura média dos locais de observação durante todo o mês foi 18,6°C. Nota-se que esse horário apresentou a mesma temperatura média do horário anterior. O gradiente térmico entre os locais foi da ordem de 3°C. Cinco dias do mês apresentaram os gradientes mais elevados, com valores entre 5°C a 7°C.

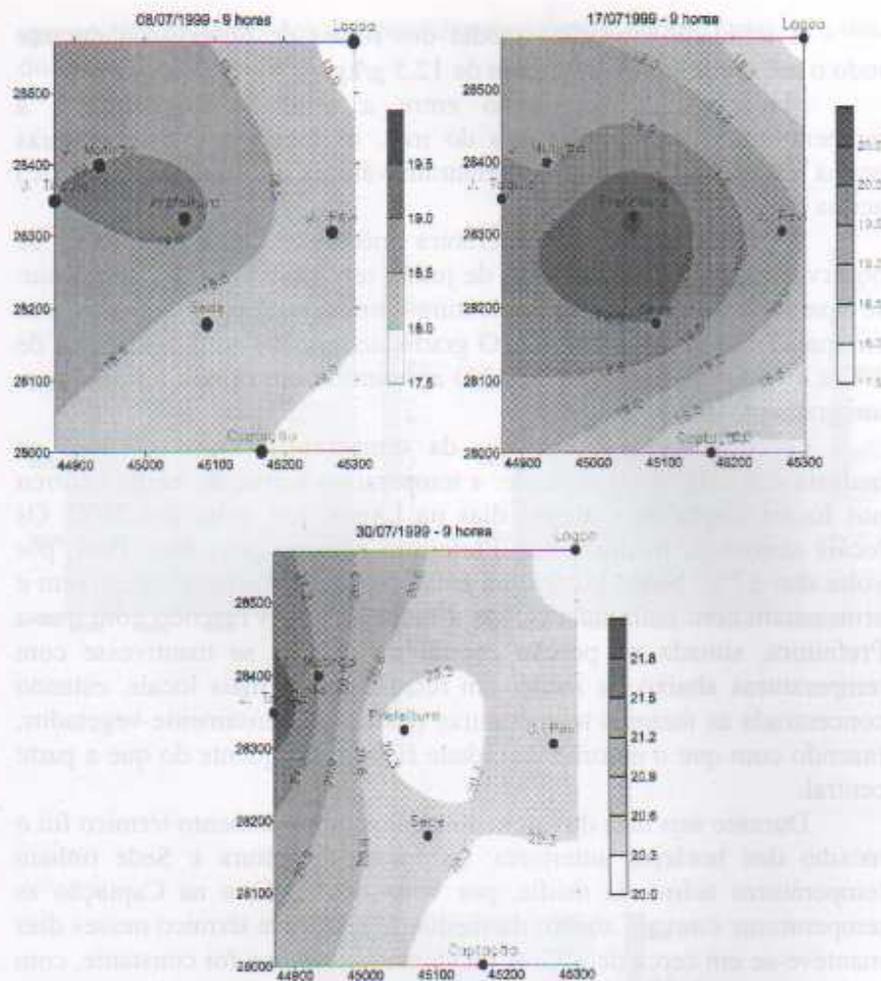


FIGURA 3. Campos térmicos às 9 horas da manhã dos dias 8, 17 e 30 de julho de 1999. Observe a definição de uma ilha de calor no dia 17.

Neste horário, nos primeiros dias do mês, a temperatura de 26°C, acima da média, ocorreu na Sede. Os locais com temperatura abaixo da média foram Captação e Lagoa, com 22°C. O gradiente nestes primeiros dias do mês se manteve em cerca de 3°C. Não houve calmaria nestes dias.

A umidade específica média dos locais de observação durante todo o mês de julho foi da ordem de 12,5 g/kg.

Manteve-se a correlação entre a umidade específica e a temperatura. Durante treze dias do mês, os locais com temperaturas acima da média, também apresentaram valores de umidade específica acima da média.

Às treze horas, a temperatura média de todos os locais de observação, durante todo o mês de julho, teve média de 26,2°C. Notou-se que nesse horário a temperatura aumentou cerca de 7,6°C, se comparado ao horário anterior. O gradiente térmico neste dia variou de 1°C a 4°C. O dia mais atípico (23) apresentou um campo térmico com um gradiente de 7,5°C.

O comportamento padrão da temperatura nesse horário, na maioria dos dias, foi o seguinte: a temperatura acima da média ocorreu nos locais Captação e alguns dias na Lagoa, por volta dos 30°C. Os locais abaixo da média foram Prefeitura e, em alguns dias, Pevi, por volta dos 27°C. Neste horário as áreas de maior ocupação absorvem e armazenam com mais intensidade a radiação solar, fazendo com que a Prefeitura, situada na porção central da cidade, se mantivesse com temperaturas abaixo da média em relação aos demais locais, estando concentrada as maiores temperaturas nos locais densamente vegetados, fazendo com que o entorno da cidade fique mais quente do que a parte central.

Durante seis dias do início do mês o comportamento térmico foi o mesmo dos horários anteriores: os locais Prefeitura e Sede tinham temperaturas acima da média, por volta dos 27°C, e na Captação as temperaturas estavam abaixo da média. O gradiente térmico nesses dias manteve-se em cerca de 1°C. A incidência de ventos foi constante, com muito pouca calmaria. Não foram observadas muitas anomalias.

Neste horário a umidade específica média dos locais de observação, durante o mês de julho, foi de 13,8 g/kg.

Às quinze horas, há uma predominância de temperaturas mais altas em relação aos horários anteriores. O gradiente térmico entre os locais variou de 4°C a 5°C, durante seis dias do mês. No restante dos dias se manteve na casa dos 3°C. Neste horário, as temperaturas acima da média concentraram-se nos locais Captação, Lagoa, Mutirão e Tóquio, com 30°C e nos locais Prefeitura e Pevi, com 27°C. A figura 4

apresenta a situação dos campos térmicos, neste horário, para três dias do mês de julho de 1999.

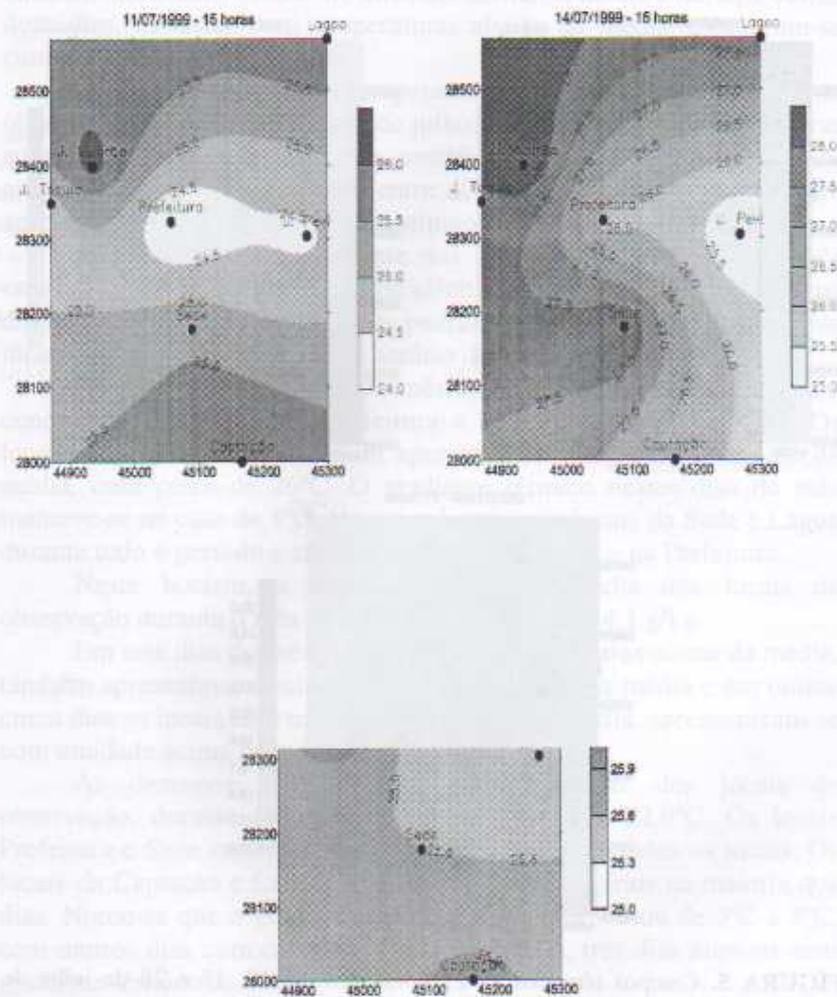


FIGURA 4. Campos térmicos às 15 horas dos dias 11, 14 e 31 de julho de 1999. Observe que não há a definição de uma ilha de calor, mas há a definição de uma região mais fresca ao centro.

Outros seis dias do mês não obedeceram o padrão descrito acima, talvez em virtude da presença de ventos constantes e atuação de sistemas frontais.

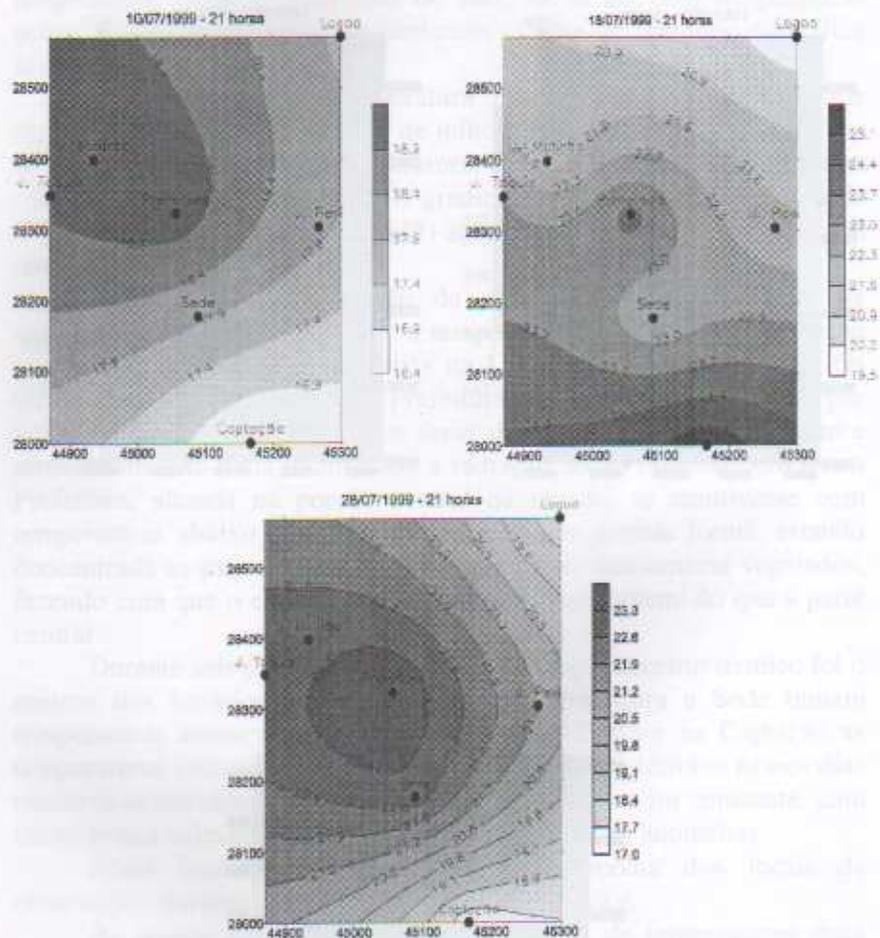


FIGURA 5. Campos térmicos às 21 horas dos dias 10, 18 e 28 de julho de 1999. Observe o padrão de ilha de calor com gradiente bem definido *durante o dia 28. Este padrão predominou em mais de 50% do mês.*

Neste horário, a umidade específica média de todos os locais de observação, durante o mês de julho, foi de 14,1 g/kg.

Durante doze dias, os locais com temperaturas acima da média, também mostraram valores de umidade acima da média e durante outros doze dias, os locais com temperaturas abaixo da média, mostraram-se com umidade acima da média.

Às dezessete horas, a temperatura média de todos os locais de observação, durante todo o mês de julho, foi de 26,6°C. As temperaturas aumentaram cerca de 1°C, se comparadas ao horário anterior. O gradiente térmico se manteve entre 1°C e 2°C. Quatro dias do mês apresentaram gradientes térmicos atípicos, variando de 4,8°C a 7°C.

Há uma variação constante das temperaturas nos dias do mês estudado, pois ao entardecer a incidência de ventos diminui e há uma diminuição da radiação solar. Os padrões de temperatura apresentados mostram esse horário como um horário de transição.

Nos três primeiros dias do mês, as temperaturas acima da média concentraram-se ainda na Prefeitura e Peví, por volta dos 27°C. Os locais Captação, Sede e Tóquio apresentaram temperaturas abaixo da média, com cerca de 26°C. O gradiente térmico nestes dias do mês manteve-se na casa de 1°C. Houve calma nos locais da Sede e Lagoa durante todo o período e em alguns dias no Mutirão e na Prefeitura.

Neste horário, a umidade específica média dos locais de observação durante o mês de julho foi próxima de 14,1 g/kg.

Em sete dias do mês, os locais com temperaturas acima da média, também apresentavam valores de umidade acima da média e em outros cinco dias os locais com temperaturas abaixo da média, apresentavam-se com umidade acima da média.

Às dezenove horas, a temperatura média dos locais de observação, durante todo o mês de julho, foi de 22,9°C. Os locais Prefeitura e Sede mantiveram-se mais quentes entre todos os locais. Os locais da Captação e Lagoa, apresentaram-se mais frios na maioria dos dias. Notou-se que o gradiente térmico neste mês variou de 3°C a 8°C, com muitos dias com calma. Houve, também, três dias atípicos com gradiente térmico de 8°C.

Em dois dias do início do mês houve a ocorrência de gradientes térmicos de 4°C a 5°C. Os ventos estiveram presentes, exceto no Mutirão e na Sede, que apresentaram condições de calma. Dos trinta

e um dias de medidas, sete deles não acompanharam o comportamento padrão desse horário.

Neste horário, a umidade específica média dos locais de observação, durante o mês de julho, foi de cerca de 13,6 g/kg.

Às vinte e uma horas, a temperatura média de todos os locais de observação, durante o mês de julho, foi de 20,6°C. Nesse horário as temperaturas diminuíram cerca de 2,3°C, se comparadas ao horário anterior. O gradiente térmico neste dia se manteve entre 2°C e 3°C. Sete dias do mês apresentaram gradientes térmicos atípicos, oscilando de 5°C a 8°C.

A Prefeitura e a Sede mantiveram-se mais quentes entre todos os locais, com temperatura na faixa de 22°C. Os locais da Captação e Lagoa apresentaram-se mais frios, na maioria dos dias, com temperatura de aproximadamente 16°C.

Nesses trinta e um dias de mensurações, houve 6 dias, nos meados de julho, que não acompanharam este comportamento descrito acima. Neste horário, a umidade específica média em todos os locais de observação, durante todo o mês de julho, foi de 12,6 g/kg.

Às vinte e três horas, a temperatura média dos locais de observação, durante o mês de julho, foi de 19,2°C. As temperaturas diminuíram cerca de 1,4°C, se comparadas ao horário anterior. O gradiente térmico neste dia se manteve entre 2°C e 5°C. Sete dias apresentaram gradientes térmicos atípicos no mês, variando de 6°C a 9°C.

Os locais da Prefeitura e Sede mantiveram-se relativamente mais quentes entre todos os locais, com temperatura da ordem de 22°C. Os locais da Captação e Lagoa apresentaram-se mais frios, na maioria dos dias, com temperaturas de cerca de 17,5°C. Seis dias do meado do mês de julho não acompanharam este comportamento descrito acima.

Neste horário, a umidade específica média dos locais de observação durante todo o mês de julho foi de aproximadamente 12,2 g/kg.

Neste horário, durante dezesseis dias, observou-se que os locais com temperaturas abaixo da média tinham valores de umidade acima da média.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela avaliação dos resultados, chegou-se a algumas conclusões a respeito do clima de urbano de Penápolis-SP, considerado o mês de julho de 1999, ou seja, uma situação típica de um mês de inverno.

A cidade mostrou-se mais aquecida nas áreas densamente edificadas representada pelos locais Sede e Prefeitura, devido ao baixo albedo e à baixa transpiração dos materiais de impermeabilização, tais como concreto e asfalto. Estas condições afetam o balanço de energia, deslocando uma parcela maior de energia para o aquecimento do ar, representando um aumento de calor sensível.

As menores temperaturas foram assinaladas em áreas com presença de corpos d'água, aqui representadas pelos locais Captação e Lagoa, e áreas de vegetação significativa, uma vez que se comportam como estabilizadores das variações térmicas, redistribuindo mais energia para os processos de evaporação e transpiração (calor latente) e menos energia para o aquecimento do ar, gerando condições de temperaturas mais agradáveis (regiões mais frias).

O padrão de umidade específica seguiu o da temperatura, e sempre esteve claramente definido, independente do horário. As "ilhas úmidas" apresentaram-se mais freqüentes nos locais Sede e Prefeitura, de onde pode inferir-se que estes dois postos comportam-se como centros de advecção de umidade.

As "ilhas de calor" ficaram mais claramente definidas nos horários noturnos que nos horários diurnos. As "ilhas de calor" ficaram mais distinguíveis a partir das dezenove horas.

Na madrugada, principalmente entre as três e cinco horas, notou-se claramente a presença da "ilha de calor" urbana, sendo definida em aproximadamente 50% dos dias do mês de julho de 1999.

Considerados todos os horários das análises, ficou claro que uma melhor definição da "ilha de calor" começou a estabelecer-se a partir das dezenove horas. Às vinte e uma horas teve-se o pico de definição, pois em vinte e dois, dos trinta e um estudados, percebeu-se claramente o comportamento de "ilha de calor" nos campos de temperatura esboçados. A partir das vinte e três horas já se percebeu a desintensificação do fenômeno, de modo que às cinco horas, apenas 50% dos dias estudados mostraram este efeito.

O horário das vinte e uma horas, além de apresentar a melhor definição da "ilha de calor", também apresentou os maiores gradientes de temperatura dentro da região estudada.

BIBLIOGRAFIA

- AMORIM, M.C.C.T. *O clima urbano de Presidente Prudente/SP*. São Paulo, 2000. 374p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- CAMARGO, J.C.G e TAVARES, A.C. A influência da cidade de Rio Claro na temperatura e umidade do ar. *Geografia*, 10 (20): 149- 168, out/ 85.
- CRUZ, J. C. L. *Características térmicas da camada intra-urbana em Rio Claro (SP)*. Rio Claro, 1995. 189p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- LOMBARDO, M.A. *Ilha de calor nas metrópoles: exemplo de São Paulo*. São Paulo, Hucitec, 1985.
- MENDONÇA, F. de A. *O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR*. São Paulo, 1994. 322P. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- MONTEIRO C.A. de F. *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, 25).
- MONTEIRO C.A. de F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil. *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, p.7-19, 1990.
- MONTEIRO C.A. de F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, p. 61-79, 1990.
- MONTEIRO C.A. de F. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um "clima urbano". *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, p. 80-114, 1990.
- MONTEIRO, C.A. de F.; TARIFA, J.R. Contribuição ao Estudo do Clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano. *Climatologia n° 7*. São Paulo: IGEOG/USP, 1977, 51p.
- OKE, T.R. Inadvertent Climate Modification. In: *Boundary Layer Climate*. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, 1978. p.229-267.
- PITTON, S.E.C. *As cidades como indicadores de alterações térmicas*. São Paulo, 1997. 272p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

- SAMPAIO, A.H.L. *Correlações entre uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador*. São Paulo, 1981. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- SETZER, J. *Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo*. Comissão interestadual da Bacia Paraná - Uruguai. Cesp. São Paulo, 1966. 61p.
- SEZERINO, M.L., MONTEIRO, C.A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, p. 20-60, 1990.



MARGARETE C. DE COSTA TRINDADE ANJOREM

CARACTERÍSTICAS DO CLIMA URBANO DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP



MARGARETE C. DE COSTA TRINDADE AMORIM

1. INTRODUÇÃO

O clima das cidades tem despertado cada vez mais o interesse de profissionais geógrafos, preocupados com a qualidade ambiental e de vida das pessoas que habitam tanto os grandes centros, como os considerados de porte médio e pequeno.

Os estudos de clima urbano têm sido justificados pela expressão que as cidades tomaram nos últimos anos, principalmente no que se refere à quantidade de pessoas que nelas vivem, e conseqüentemente são afetadas por suas características específicas.

Apesar de ocuparem pequenas parcelas territoriais, as cidades constituem a maior transformação da paisagem natural, materializadas através de diferentes formas de poluição e modificações na morfologia e estrutura do ambiente urbano. Rios e córregos são canalizados ou têm seus cursos alterados; a morfologia é modificada através de aterros e construções; a vegetação é retirada; e a associação das atividades urbanas com a forma de ocupação do solo, provoca alterações nos elementos climáticos.

Este trabalho analisa os efeitos de uma cidade localizada próxima à latitude do trópico de capricórnio, no clima local. Presidente Prudente é um bom exemplo para o estudo do clima urbano, pois o seu crescimento resultou em diferenças significativas nos tipos de ocupação do solo, que associado às características de relevo e densidade de arborização gerou características térmicas e higrométricas específicas conforme será explicitado nesta pesquisa.

2. CARACTERIZAÇÃO DE PRESIDENTE PRUDENTE

Presidente Prudente localiza-se no oeste do Estado de São Paulo (Figura 1), à 22° 07' 04" de latitude Sul e 51° 22' 57" de longitude Oeste, distante da capital paulista cerca de 560km.

Localizada no planalto ocidental paulista, constitui a continuidade física do reverso das Cuestas Basálticas, com a qual se limita a leste.

O município de Presidente Prudente tem formato alongado no sentido norte-sul. O relevo é formado basicamente por colinas médias, amplas e morrotes alongados e espigões.

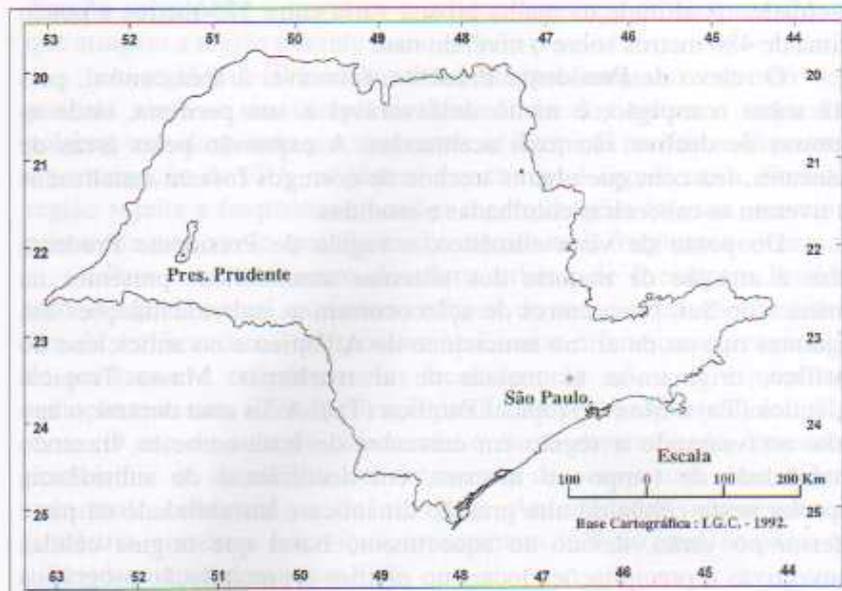


FIGURA 1. Localização do município de Presidente Prudente.

A área urbana de Presidente Prudente está situada sobre o espigão divisor de águas das bacias do rio do Peixe, ao norte, e Paranapanema, ao sul, tendo a bacia do rio Santo Anastácio, que deságua no Paraná, ao sul-sudeste.

A hidrografia do sítio urbano de Presidente Prudente tem pequenos cursos d'água formadores dos córregos do Cedro e Limoeiro, ambos afluentes do Santo Anastácio, e os córregos do Gramado e Cascata, que são formadores do rio Mandaguari, o qual, por sua vez, é afluente do rio do Peixe, localizado no setor leste-nordeste da cidade.

Na porção oeste da cidade, por onde ela mais cresceu, devido a questões políticas, econômicas e de relevo, as superfícies divisoras de água apresentam perfis convexos mais alongados, formando interflúvios mais suaves e separados entre si por vales menos estreitos, representando hoje cerca de 80% do total da malha urbana. A porção leste da ferrovia tem relevo bem movimentado e as ruas traçadas se apresentam com fortes declives, dificultando sobremaneira a expansão

da cidade. A altitude na malha urbana varia entre 375 metros e pouco acima de 480 metros sobre o nível do mar.

O relevo de Presidente Prudente, favorável à área central, pois está sobre o espigão, é muito desfavorável à sua periferia, onde as rupturas de declive são mais acentuadas. A expansão pelas áreas de nascentes, fez com que alguns trechos de córregos fossem canalizados ou tiveram as cabeceiras entulhadas e erodidas.

Do ponto de vista climático, a região de Presidente Prudente sofre a atuação da maioria dos sistemas atmosféricos presentes na América do Sul. Nos centros de ação ocorrem as individualizações das seguintes massas de ar: no anticiclone do Atlântico e no anticiclone do Pacífico, originam-se as massas de ar marítimas: Massa Tropical Atlântica (Ta) e Massa Tropical Pacífica (Tp). A Ta atua durante o ano todo, atravessando a região em correntes de leste-noroeste, trazendo estabilidade de tempo no inverno, em decorrência de subsidência superior nesta célula de alta pressão dinâmica e instabilidade na parte inferior no verão, devido ao aquecimento basal que origina células convectivas e precipitações locais no interior e precipitação orográfica na vertente Atlântica. A Tp quase não interfere no tempo e no clima de Presidente Prudente, pois, além do sentido anti-horário dos anticiclones no hemisfério sul, a "*Cordilheira andina barra em grande parte sua interferência*". (Monteiro, 1963, p.123).

A Massa Tropical Atlântica Continentalizada (Tac) "*caracteriza-se por ser uma fácies da Ta devido às modificações que esta sofre ao avançar pelo continente. Como resultado tem-se temperatura mais elevada, umidade relativa baixa e pressões em ligeiro declínio*". (Barrios e Sant'Anna Neto, 1996).

A forma do relevo da América do Sul permite que apenas a planície amazônica e o setor central da planície platina (Chaco) funcionem como fontes de massas de ar Equatorial continental (Ec) e Tropical continental (Tc) respectivamente e avancem na região em correntes de noroeste. Têm participação efetiva sobre a região no verão, sendo a Tc responsável pelo aquecimento da região e a Ec, pelo aumento da umidade e das precipitações, além de responder pelo aquecimento. (Monteiro, 1963).

No anticiclone migratório polar tem origem a massa polar, que por força da orientação norte-sul da Cordilheira dos Andes, cria duas massas: a Polar Pacífica (Pp) e Polar Atlântica (Pa). A Pa desloca-se em

direção sul-sudeste – noroeste e produz o avanço de sistemas frontais que atingem a região durante o ano todo.

A região de Presidente Prudente por estar no extremo oeste paulista torna-se um campo de alternância dos sistemas tropicais e polares, mas dominado por massas de ar Tropical marítima. Entretanto, a participação da FPA na gênese das chuvas é significativa, ficando a região sujeita a freqüentes invasões e perturbações frontais, mesmo na primavera e no verão, quando as chuvas são mais freqüentes e intensas.

Para o entendimento do clima urbano de Presidente Prudente torna-se fundamental explicitar os tipos de uso e ocupação do solo, a fim de verificar áreas que possam apresentar diferenças na capacidade de armazenar e refletir o calor recebido pelo sol, e de armazenar a radiação terrestre, além da energia produzida pela própria cidade.

O uso do solo na cidade não é muito diversificado, havendo o predomínio de domicílios em detrimento de outros usos, tais como o industrial, comercial e de serviços. As unidades não-residenciais (indústria, comércio e serviços) representam 13% do total, ao passo que as residenciais representam 87%.

O uso comercial e de serviços localiza-se predominantemente na área central, com alguns subcentros espalhados na malha urbana, mas com movimentação relativamente pequena de veículos e pessoas, em comparação com o centro.

A cidade possui diferenças na densidade de construção e arborização, que é fruto de um processo histórico e de suas características de expansão. (Figura 2)

Os bairros mais antigos e que se encontram densamente construídos possuem quantidade significativa de vegetação arbórea nas ruas e fundos de quintais. Os córregos foram na grande maioria canalizados, permitindo a valorização dessas áreas, que em muitos casos foram transformadas em praças públicas ou áreas de lazer para a população.

Alguns córregos que foram canalizados, por falta de dimensionamento adequado tiveram as galerias destruídas pelas chuvas torrenciais comuns nesta região.

Das áreas mais antigas apenas o centro comercial e a vila Marcondes possuem quantidade menor de arborização devido aos tipos de construção adotados nessas áreas, que por avançarem até as calçadas,

acabam reduzindo os espaços destinados as fachadas das lojas, que por sua vez, poderiam ser ofuscadas pela presença das árvores.

Os bairros mais antigos foram então classificados nesta pesquisa, basicamente em duas categorias: área densamente construída com vegetação arbórea e área densamente construída e com vegetação arbórea esparsa.

Os bairros que poderiam ser chamados de intermediários, no que se refere ao tempo de implantação, apresentam-se dentro das seguintes categorias:

- 1 - áreas com construções esparsas com gramado e vegetação arbórea esparsa;
- 2 - área densamente construída e com vegetação arbórea esparsa;
- 3 - área densamente construída e com vegetação arbórea.

A grande maioria dos bairros enquadra-se dentro da primeira categoria, vale dizer, a das áreas com construções esparsas, com gramados e vegetação arbórea esparsa. Este fato se deve a vários fatores dentre os quais destaca-se a presença de córregos que não foram incorporados efetivamente à malha urbana, e, como o esgoto em Presidente Prudente não é tratado, são lançados "*in natura*" nos córregos poluindo-os completamente.

Outro motivo que também contribui para não serem densamente construídos, é não fazerem parte de nenhum plano de expansão que privilegie a construção de casas populares, que certamente resultariam em uma densidade maior de construções. Trata-se, portanto, de atitudes individuais, isto é, atitudes de pessoas que compram os terrenos e constroem para terem a sua casa própria.

A baixa densidade de vegetação arbórea nas ruas e fundos de quintais é entendida pelas atitudes tomadas no momento da implantação dos bairros, pois existe a mentalidade de que é necessário "limpar" a área, retirando toda a vegetação existente, para poder ser comercializada. Depois que as pessoas constroem é que colocam uma árvore na frente de casa ou plantam alguma árvore frutífera no fundo do quintal. Assim, como ainda nem todos os terrenos estão construídos, os vazios têm, na maioria das vezes, algum tipo de vegetação rasteira ou até mesmo "matagais" que permitiram a classificação de "gramados".

A segunda e a terceira categorias, área densamente construída e com vegetação arbórea esparsa e área densamente construída e com vegetação arbórea, são, na grande maioria, conseqüência da construção de conjuntos habitacionais ou de áreas relativamente privilegiadas dentro da malha urbana, como, por exemplo, as áreas onde se localizam universidades, com a conseqüente construção de moradias para serem alugadas para estudantes.

Os bairros mais recentes enquadram-se dentro de duas categorias principais: área densamente construída e sem vegetação arbórea e área de construções esparsas sem vegetação. Os densamente construídos são fruto dos conjuntos habitacionais implantados na década de 90, destacando-se o conjunto habitacional Ana Jacinta - Mario Amato a sudoeste e o Brasil Novo a nordeste da cidade, ambos em descontínuo com a malha urbana. Quando as pessoas passaram a morar nessas casas, não existia nenhuma árvore nas ruas, que também não eram pavimentadas. Hoje existem algumas espécies arbóreas que foram plantadas, mas estão muito pequenas, não atingindo ainda um porte capaz de interferir no balaço de energia.

As áreas de construções esparsas e sem vegetação são bairros novos, onde algumas moradias já começam a ser construídas, havendo, no entanto, muitos lotes à venda. Nessas áreas predomina a vegetação rasteira.

A zona rural próxima a Presidente Prudente caracteriza-se pelas pastagens e por vegetação arbórea esparsa, ficando o solo coberto em todas as épocas do ano.

Com base nas informações sobre uso e ocupação do solo e sobre relevo, foram escolhidos os pontos para a instalação dos miniabrigos meteorológicos, com a finalidade de realizar as observações-mensurações meteorológicas, principalmente da temperatura, umidade relativa e direção do vento.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No estudo do clima em Presidente Prudente foi dada ênfase à estrutura interna do Sistema Clima Urbano integrando o ecológico e o urbano, sem desconsiderar as escalas superiores do clima.

que por sua vez foram responsáveis por caracterizar as transformações de energia que ocorrem no interior da cidade.

A classificação dos padrões de ocupação do solo ficou assim subdividida: vegetação densa, gramado, solo nu, vegetação esparsa e gramado, construções esparsas e gramado, construções esparsas com gramado e vegetação esparsa, área densamente construída e com vegetação arbórea, área densamente construída e sem vegetação, área densamente construída e com vegetação esparsa, edificações acima de quatro pavimentos e córregos.

Depois da caracterização dos aspectos geocológicos (relevo, rede hidrográfica e vegetação) e dos componentes antrópicos (uso e ocupação do solo, densidade de construções e verticalização), foi possível a escolha dos 12 pontos de observação, de acordo com o critério, que fundamentalmente deveria priorizar diferentes padrões de uso e ocupação do solo e condições do relevo.

Assim, a escolha dos pontos para as observações – mensurações meteorológicas considerou as unidades morfológicas do sítio urbano, a estrutura urbana (morfologia e funções) e o dinamismo urbano. Os pontos escolhidos estão localizados na Figura 2 e são os seguintes:

- 1- Centro - o miniabrigo foi instalado na praça 9 de Julho e se caracteriza como área totalmente urbanizada com vegetação esparsa, com vários edifícios acima de 4 pavimentos em todo seu entorno e com pouquíssimos lugares que não tiveram o solo impermeabilizado. O uso do solo é predominantemente comercial com poucas residências. Há concentração de equipamentos de refrigeração e intenso fluxo de veículos e pessoas. A altitude onde foi colocado o abrigo é de 476 m sobre o nível do mar (snm) e é elevada e plana em confronto com os pontos próximos.
- 2- Jd. Aviação - área densamente construída, porém com grande quantidade de vegetação arbórea nas ruas e jardins. Solo impermeabilizado com pouca movimentação de veículos e pessoas. Uso do solo predominantemente residencial, sem a presença de edificações acima de 4 pavimentos. Área de classe média e alta. A altitude do abrigo é de 455 metros (snm), com declives pouco acentuados nas proximidades.

- 3- Jd. Santa Helena - área densamente construída e com vegetação arbórea nas ruas e fundos de quintais. Área de classe média de uso predominantemente residencial, com poucas edificações acima de 4 pavimentos nas proximidades. Altitude de 413 metros (snm), em uma rua com declividade acentuada, e vertente voltada para o norte. No passado havia um córrego a cerca de 150 metros, de onde foi instalado o miniabrigo, que foi canalizado e incorporado por um clube da cidade que em ocasiões de chuvas concentradas e intensas sofre problemas de inundação.
- 4- Jd. Novo Bongionani - área de construções esparsas com gramado, praticamente sem arborização de rua e de fundos de quintal e jardim. É um setor relativamente novo da cidade que ainda não foi completamente urbanizado, com amplas áreas vazias e algumas ruas não asfaltadas. Uso do solo residencial de padrão médio. O abrigo foi instalado em uma área ampla e vazia, coberta por gramado a uma altitude de 474 metros (snm) e plana.
- 5- Jd. Santa Paula - a proximidade é densamente construída com vegetação arbórea. Uso residencial de classe baixa. O abrigo foi instalado em uma vertente voltada para SE, com solo gramado. O fundo de vale é bastante próximo com vegetação esparsa e gramada. O córrego é poluído e é comum a presença de lixo nas proximidades. A altitude do abrigo é de 390 metros (snm).
- 6- Pq. Cedral - é um ponto próximo ao Jd. Santa Paula, mas apresenta características muito diferentes. As construções são esparsas com presença de terrenos vazios e gramados e com pouca vegetação arbórea nas ruas e em fundos de quintais. As ruas são pavimentadas, com residências predominantemente de padrão médio. A altitude é de 405 metros (snm) com vertente suave voltada para o norte.
- 7- Jd. Balneário - área de construções esparsas e de gramados, ocupada por moradores de classe baixa sem arborização de grande porte nas ruas e fundos de quintais. O abrigo foi

colocado no fundo do vale, na altitude de 395 metros (snm), próximo a um pequeno córrego. Uso do solo residencial.

8- Conjunto Habitacional Ana Jacinta - área densamente construída, sem vegetação arbórea de grande porte nas ruas e sem áreas gramadas. Em todo o bairro, há apenas um fundo de vale bem arborizado. Bairro popular implantado em 1993 com muitas ruas não pavimentadas. Os terrenos são pequenos e todos ocupados com construções. A altitude do ponto é de 410 metros (snm) em área com declive pouco acentuado voltado para leste.

9- Parque do Povo - área ocupada com vegetação arbórea nas ruas e entorno densamente construído. O abrigo foi colocado no fundo de vale, sobre o córrego canalizado e coberto por vegetação rasteira e arbórea. Há intenso fluxo de veículos e o uso do solo nas avenidas que margeiam o fundo de vale é comercial e residencial. A altitude do ponto é de 423 metros (snm) e nesta área é comum a ocorrência de inundações em momentos de chuvas intensas. O Parque do Povo é uma área destinada ao lazer e esporte da população e tem um intenso fluxo de pessoas nos fins de tarde e de semana. No passado era uma área degradada pela poluição da água por esgoto e pelo córrego que de certa maneira limitava a expansão e valorização da cidade para a zona sul. Com a canalização do córrego e reurbanização, houve a valorização dos terrenos e certa substituição da população, que migrou para áreas menos valorizadas da cidade.

10- Jd. Planalto - área intensamente construída e com vegetação esparsa, característica freqüente na zona leste. O uso do solo é predominantemente residencial e é considerado um bairro de classe média - baixa. O solo é completamente impermeabilizado, com exceção de uma área verde existente neste bairro. É um dos pontos mais altos da cidade, com 490 metros de altitude (snm).

11- Aeroporto Municipal de Presidente Prudente - a Estação Meteorológica da INFRAERO está a cerca de 7 km do centro e em descontínuo com a malha urbana cerca de 3 km, na zona sul

da cidade. Localiza - se em terreno plano, a uma altitude de 450 metros (snm). Seu entorno é tipicamente rural, predominando as pastagens. Os dados foram obtidos hora a hora no balcão do aeroporto.

12- Estação Meteorológica da FCT/Unesp - opera desde 1968 e segue os padrões estabelecidos pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia). Localiza-se em uma área plana, a 435 metros do nível do mar. No seu entorno verifica-se construção esparsa com gramado e vegetação esparsa. Além da Universidade, há nas proximidades um bairro de classe média predominantemente residencial.

O levantamento de campo foi feito com equipamentos simples, com a seguinte composição:

- Miniabrigo meteorológico, construído de madeira com paredes duplas perfuradas para permitir a livre circulação do ar;
- Haste do abrigo, a 1,50 metros do solo, para que não sofra influência direta da radiação terrestre;
- Pares de termômetros (bulbo seco e bulbo úmido), adquiridos na fábrica de termômetros "Mercúrio" localizada em São Paulo, para medidas de temperatura e umidade relativa do ar;
- Suporte de madeira para encaixar os termômetros no interior do miniabrigo;
- Fita de cetim fixada na parte inferior do miniabrigo utilizada para indicar a direção do vento.

Estes equipamentos são semelhantes àqueles apresentados por Sezerino e Monteiro (1990).

Foram realizadas leituras horárias das 7h00 às 18h00, durante 29 dias do mês de julho de 1998 e 28 dias do mês de janeiro de 1999. Este fato permitiu a análise da variação dos elementos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa e direção do vento) em diferentes condições sinóticas e na latitude em que se encontra Presidente Prudente (22° sul), acredita-se que as estações extremas (verão e inverno) sejam representativas para este tipo de estudo.

A escolha de leituras horárias das 7h00 e 18h00 não foi aleatória, pois tratam-se de momentos importantes para o entendimento das alterações do ciclo diurno da atmosfera de um lado e de outro da disponibilidade da equipe de campo.

Tais alterações referem-se ao início do aquecimento diurno das 7h00 e 8h00, quando a atmosfera se apresenta estável, passando pelo período de maior aquecimento diurno a partir das 10h00 até às 16h00, com pico às 15h00, chegando ao início do resfriamento entre 17h00 e 18h00.

Estes três períodos são importantes para compreender como o uso e ocupação do solo, bem como as diferentes cotas altimétricas e exposições de vertentes, interferem na distribuição espacial da temperatura do ar e umidade relativa intra-urbana.

O ideal seria que leituras noturnas estivessem presentes neste trabalho, mas principalmente por questões de segurança da equipe¹, que ficava o tempo todo "cuidando" dos miniabrigos, além do desgaste das pessoas envolvidas, a opção foi por encerrar os trabalhos antes do anoitecer.

As leituras diurnas e horárias dos termômetros, nos dois meses citados permitiram que fossem verificadas as intensidades das ilhas de calor e de umidade, como indicativos da magnitude dos fenômenos, suas variações espaciais de acordo com as diferentes estruturas urbanas e seu ritmo diário e estacional diretamente relacionados com a radiação solar. Estes três aspectos foram analisados em diferentes situações sinóticas e não apenas naquelas ideais para a formação de ilhas de calor urbana, como os sistemas de alta pressão estacionário já analisados em muitos trabalhos nacionais e principalmente internacionais.

Foram também realizadas análises dos sistemas atmosféricos regionais, durante os dois segmentos temporais (julho/98 e janeiro/99), através de imagens do satélite Goes e de cartas sinóticas de superfície, emprestadas pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP – Câmpus de Bauru.

Através desta pesquisa, foi possível detectar diferenças da temperatura e umidade relativa intra-urbana e estendê-las a pontos com as mesmas características, a fim de apresentar sugestões para o

¹ Alunos do curso de graduação em Geografia da FCT/UNESP-Pres.Prudente.

planejamento urbano capazes de contribuir para a melhoria da qualidade ambiental.

4. O CLIMA URBANO DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP

A pesquisa de campo, com levantamentos diurnos e horários da temperatura e umidade relativa em diferentes situações sinóticas e em meses representativos das estações extremas (verão e inverno) permitiu a identificação dos principais fatores na formação do clima urbano prudentino.

O tipo de ocupação do solo associado à densidade de arborização, altitude e exposição de vertentes, revelaram-se fatores explicativos para a compreensão das anomalias da temperatura e umidade relativa encontradas. Os tipos de tempo foram responsáveis pela maior ou menor intensidade dessas anomalias.

As ilhas de calor e de frescor, bem como as ilhas secas e úmidas formaram-se em Presidente Prudente tanto no mês de verão como no mês de inverno, mas as magnitudes mais expressivas se deram em horários diferentes nestas duas estações.

O ritmo diurno da temperatura e da umidade relativa no inverno e verão apresentou o comportamento que será exposto a seguir.

O valor máximo da ilha de calor no inverno apareceu geralmente no início do aquecimento (7h00) e do resfriamento diurno (17h00-18h00), devido provavelmente à inércia calórica das áreas densamente construídas em relação ao campo e às áreas de baixa densidade de construções.

Às 7h00, sob condições de temperaturas elevadas (atuação de sistemas tropicais ou polares enfraquecidas) e com pequena movimentação do ar, as amplitudes foram elevadas, quando comparadas com as dos dias de polares mais intensas que provocaram queda da temperatura na cidade como um todo e com maior velocidade do vento.

Foram observados dois padrões de distribuição da temperatura e da umidade relativa nos dias de maiores amplitudes térmicas. No primeiro, os fundos de vale especialmente com baixa densidade de construções e arborização, que não têm condições de armazenar calor durante a noite, as temperaturas estiveram entre as mais baixas. As temperaturas elevadas foram observadas nas áreas densamente construídas, ou onde a densidade não é tão elevada, mas encontra-se

completamente inserida na malha urbana. Um exemplo destas características pode ser observado na Figura 3.

Com relação à umidade relativa, esta foi inversa à temperatura, ou seja, onde a temperatura foi mais elevada, a umidade esteve mais baixa, e onde a temperatura esteve mais baixa, a umidade foi mais elevada. Os pontos representativos da zona rural ou próximos a ela, com baixa densidade de construção, também estiveram entre os mais úmidos, devido às características da superfície (extensa área gramada com vegetação arbórea esparsa).

No segundo padrão de distribuição da temperatura e umidade relativa nos dias com maior amplitude térmica e pequena velocidade do vento, a zona rural e os bairros periféricos com baixa densidade de construção (quase rurais) tiveram as temperaturas mais baixas. O ponto com vertente voltada para o sul e com alta densidade de construção e arborização, também teve temperaturas mais baixas. As temperaturas mais elevadas foram observadas nas vertentes voltadas para o norte e este, seguidas pelas áreas densamente construídas. A Figura 4 apresenta um exemplo destas características. O sistema atmosférico predominante nestes dias foi o anticiclone polar que fez com que houvesse queda de temperatura na cidade como um todo. A umidade relativa esteve forte nos pontos com temperaturas mais baixas e fraca nos pontos com temperaturas mais altas.

Os dias com maior velocidade do vento também apresentaram diferenças, embora muito menores do que os dias com pouca velocidade. Nestes dias, a altitude desempenhou papel fundamental, fazendo com que os pontos mais altos tivessem as menores temperaturas independentemente do tipo de uso e ocupação do solo e os mais baixos, as maiores temperaturas, exceção feita ao Pq. do Povo que, não obstante a baixa altitude, esteve entre os mais frios e com maior umidade devido à presença da vegetação.

No verão, às 7h00, o principal elemento responsável por alguns dias de menor amplitude de temperatura e umidade relativa entre os pontos foi a precipitação durante a noite, madrugada e mesmo no horário da leitura.

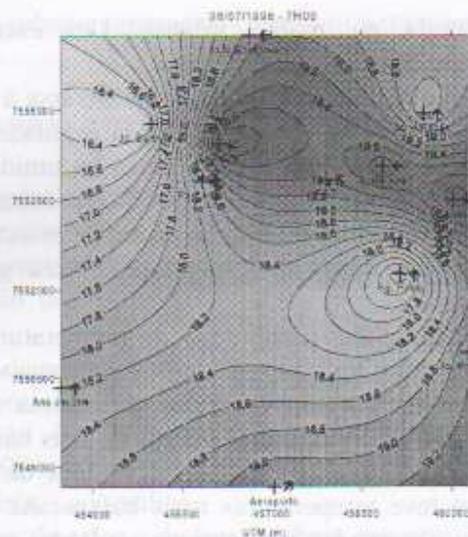


FIGURA 3. Temperaturas registradas às sete horas do dia 28/07/1998 sobre a malha urbana de Presidente Prudente-SP.

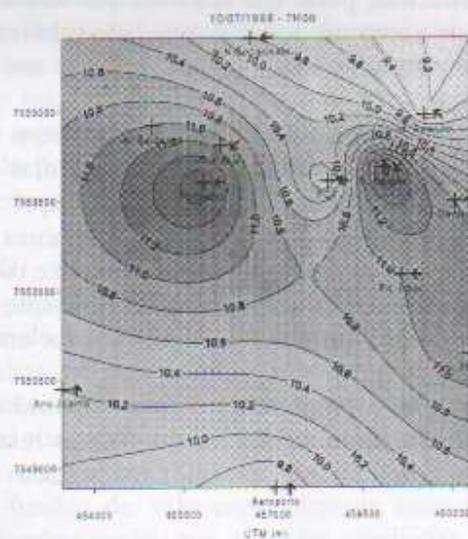


FIGURA 4. Temperaturas registradas às sete horas do dia 10/07/1998 sobre a malha urbana de Presidente Prudente-SP.

Os pontos mais quentes e com menor umidade relativa foram os fundos de vales, seguidos pelos de baixa altitude e com vertentes voltadas para o quadrante este. Os pontos mais frescos foram os de altitudes mais elevadas.

O padrão de distribuição da temperatura e umidade relativa no verão apresentou-se de maneira mais definida, não havendo comportamentos diferenciados de acordo com a situação sinótica, como no inverno. Houve apenas a variação de intensidade de acordo, principalmente, com a nebulosidade, pois as áreas densamente construídas tiveram temperaturas um pouco mais baixas nos dias com baixa nebulosidade, em razão de a perda radiativa ser mais rápida em áreas densamente construídas. Porém nos dias com muita nebulosidade, os pontos com baixa densidade de construção é que tiveram temperaturas mais baixas do que os densamente construídos, mesmo se localizados em altitude semelhante. De maneira geral, os pontos com altitudes mais elevadas tiveram temperaturas mais baixas, com pequenas diferenças entre eles, e foram também os que tiveram as maiores umidades relativas.

A partir das 8h00, o verão e o inverno se diferenciaram com relação ao aumento e diminuição da amplitude térmica intra-urbana.

No inverno, houve diminuição do número de dias com amplitude térmica acima de 2°C, devido principalmente ao aumento da velocidade do vento.

No verão, por outro lado, foi registrado o aumento da amplitude térmica intra-urbana acima de 2°C, pois a velocidade do vento também diminuiu na maioria dos dias.

Com relação ao padrão de distribuição da temperatura e umidade relativa, no inverno houve o mesmo comportamento verificado às 7h00, ou seja, os fundos de vale com baixa densidade de construção tiveram temperaturas mais baixas e maiores umidades relativas nos dias com atuação de tropicais ou polares enfraquecidas, mas o fundo de vale com alta densidade de construção e intenso fluxo de veículos teve temperaturas mais elevadas. As temperaturas mais elevadas e, portanto, com menores umidades relativas foram observadas nas áreas densamente construídas. O outro padrão de distribuição presente no inverno às 8h00 e que ocorreu na grande maioria dos dias apresentou ilhas de calor nos pontos com baixas altitudes. Ilhas frescas observaram-se no espigão da cidade. Verifica-se assim um nítido aquecimento de

este para oeste na cidade, acompanhado pela maior umidade relativa a este e menor umidade relativa a oeste.

No verão, os pontos com altitudes mais baixas também estiveram entre os mais aquecidos na maioria dos dias. Em alguns, principalmente nos de alta densidade de construção e praticamente sem arborização nas ruas e fundos de quintais a temperatura elevou-se mais. Os pontos com altitudes elevadas tiveram as temperaturas mais baixas. O ponto representante da zona rural, por exemplo, com altitude elevada, também esteve entre os mais frios.

Algumas alterações foram observadas em relação ao inverno. Estas se referem à exposição das vertentes voltadas para o norte e para o sul. No inverno as vertentes sul estiveram entre as temperaturas mais baixas, enquanto as de norte foram as mais quentes. No verão, as vertentes norte e sul tiveram temperaturas muito parecidas, ambas dentre as mais quentes. Nesta estação ficou evidenciado que as características de ocupação do solo foram responsáveis por esta semelhança, já que no inverno a vertente sul recebeu menor incidência direta dos raios solares no início da manhã, o que fez com ficasse entre os pontos com menor temperatura e maior umidade relativa, principalmente pela grande densidade de vegetação presente neste ponto. No verão, porém, a vertente sul, por receber quantidade significativa de radiação neste horário, associou-se a outros pontos de temperaturas mais elevadas, com grande densidade de construções.

No verão as temperaturas são mais constantes, não havendo tantas oscilações no mesmo horário, como no inverno. Este fato contribuiu para que o uso e ocupação do solo fizessem notar seu papel nas diferenças existentes entre os pontos. Assim pontos com altitudes semelhantes e, classificados entre os mais quentes ou mais frios diferenciaram-se de acordo com a densidade de construções e arborização.

Às 9h00, no inverno, foram observadas algumas diferenças no padrão de distribuição da temperatura e umidade relativa e essas alterações foram mais consequência do tipo de ocupação do solo do que da altitude. Neste horário com a maior incidência dos raios solares, as áreas com baixa densidade de construção e a zona rural, assim como os pontos de baixa altitude, estiveram entre os pontos de maior temperatura, ao passo que as áreas densamente construídas e de grande altitude estiveram entre os pontos de menor temperatura. A presença da

vegetação em alguns pontos de baixa altitude fez com que esses não estivessem entre os pontos de temperaturas mais altas. Os pontos com temperaturas mais altas foram os de menor umidade relativa.

No verão, neste mesmo horário, a velocidade do vento continuou baixa, diferentemente do que ocorreu no inverno que teve a velocidade do vento maior do que nos horários anteriores na maioria dos dias. Houve, assim, aumento da amplitude térmica intra-urbana e aumento do número de dias com amplitude térmica acima de 2°C. Os pontos com temperaturas mais elevadas foram os de baixa altitude e de arborização esparsa nas ruas e fundos de quintais. O mesmo se deu com os de grande densidade de construção e igualmente pouco arborizados. As temperaturas mais baixas foram observadas nos pontos mais elevados e com densidade de construções diferenciada. Esse fato evidencia o papel da vegetação na temperatura e em sua variação no verão em confronto com o inverno.

No verão, a zona rural demorou mais para responder à incidência dos raios solares do que no inverno, pois em julho neste horário, a zona rural já estava entre os pontos mais quentes. No verão, como há pouca mudança na temperatura das 8h00 para as 9h00, a zona rural conseguiu ainda estar entre os pontos mais frios, devido à altitude elevada e à presença de vegetação rasteira em grande quantidade (pastagem) e arborização esparsa.

Às 10h00, no inverno, houve diminuição da velocidade do vento no Aeroporto (rural) o que não ocorreu na FCT. Este fato fez com que as altas temperaturas ocorressem na zona rural, diferentemente do que ocorreu na zona urbana.

Assim os pontos de baixa altitude e os de elevada altitude, mas com baixa densidade de construções, lideraram as temperaturas mais altas. As temperaturas mais baixas e a maior umidade relativa foram observadas nos pontos com maior altitude e maior densidade de construções. A arborização de alguns pontos fez com que mesmo os de baixa altitude apresentassem temperaturas mais baixas.

No verão, às 10h00, os pontos em que há muita construção e pouca arborização lideraram as altas temperaturas independentemente da altitude, exceto o Centro da cidade que, devido à presença de edificações acima de quatro pavimentos, refletiu o calor impedindo o maior aquecimento do ar. Baixas temperaturas foram registradas em pontos com baixa densidade de construções, mas com vegetação arbórea

e gramados. Neste horário, os pontos mais quentes foram também os de menor umidade relativa, e os mais frios, os de maior umidade relativa, intensificada ainda mais pela presença da vegetação.

Às 11h00, no inverno, as características presentes às 10h00 intensificaram-se. Isso ocorreu com o Pq. Cedral que tinha no início da manhã temperaturas elevadas, juntamente com o Jd. Santa Helena, por possuírem ambos vertentes voltadas para o norte, e, portanto, sujeitos a maior incidência dos raios solares no início da manhã. A partir deste horário, porém, por não ser aquele densamente construído como este segundo, deixou de estar entre os mais quentes.

As temperaturas mais altas, como em horários anteriores (9h00 e 10h00), foram observadas nos pontos de baixa altitude e também nos pontos de baixa densidade de construção e de vegetação arbórea, em razão de a perda radiativa nas áreas com baixa densidade de construção ser mais lenta.

É importante salientar que a oscilação de maior ou menor aquecimento em alguns pontos dependeu da direção do vento, que ora apresentava as características mais locais do ponto, ora trazia as características do entorno relativamente próximo.

As atuações de sistemas polares mais intensas fizeram com que os pontos com menor densidade de construção e a zona rural, normalmente mais quente, ficasse, nestes dias, menos aquecidos. Os pontos mais densamente construídos ficaram entre os mais quentes e com menor umidade relativa.

No verão, às 11h00, à medida que os raios solares se intensificaram a amplitude térmica intra-urbana aumentou de maneira significativa e a velocidade do vento continuou, na maioria dos dias, baixa como nos horários anteriores. A magnitude da ilha de calor aumentou e o principal elemento que fez com que houvesse aumento da temperatura em alguns pontos foi a ausência da vegetação arbórea nas ruas e fundos de quintais. A altitude não desempenhou papel importante a partir deste horário. Assim pontos com altitudes diferentes, classificados como de maior ou menor altitude, mas densamente construídos e com pouca vegetação ou mesmo sem ela, estiveram entre os mais aquecidos. Por outro lado, pontos também com altitudes diferentes e densamente construídos, mas com quantidade significativa de vegetação arbórea nas ruas e fundos de quintais não estiveram tão quentes como os primeiros. O eixo de menor aquecimento tem em

comum a baixa densidade de construções e a presença de vegetação arbórea e de gramados.

Às 12h00, no inverno, as situações sinóticas continuaram desempenhando papel importante na distribuição dos pontos de maior e menor aquecimento. Nos dias de polares enfraquecidas, que permitiram temperaturas mais altas na cidade, os pontos densamente construídos, estiveram entre os pontos mais quentes. Porém, nos dias com baixas temperaturas, devido à presença de polares intensas, não estiveram entre os mais quentes.

As áreas com baixa densidade de construção e a zona rural tiveram comportamentos diferentes dos das áreas densamente construídas, pois, nos dias em que estavam sob a atuação de polares intensas, essas áreas tiveram as temperaturas mais altas.

O tipo de uso e ocupação do solo foi o principal responsável pelo maior ou menor aquecimento neste horário. Os raios solares às 12h00, incidiram com maior intensidade, e o calor já armazenado nas construções fez com que fossem observadas temperaturas mais elevadas nas áreas densamente construídas, e, mesmo nas que ainda não estão densamente construídas, mas estão inseridas na malha urbana, as temperaturas também foram mais elevadas. A área rural e os bairros próximos a ela, com baixa densidade de construção, embora tivessem temperaturas um pouco elevadas, foram superados pelas áreas densamente construídas.

No verão, às 12h00, a amplitude térmica intra-urbana aumentou ainda mais diferentemente do que ocorreu nos horários anteriores e a velocidade do vento continuou baixa. Os maiores e menores aquecimentos foram praticamente os mesmos que os observados em horários anteriores, ou seja, os pontos com baixa densidade ou sem vegetação arbórea lideraram as altas temperaturas e as baixas umidades relativas. As temperaturas mais baixas e as maiores umidades relativas foram observadas nos pontos arborizados. Por outro lado, os pontos, embora arborizados, mas com densidade elevada de construções, começaram a ter temperaturas um pouco mais altas do que aqueles com baixa densidade de construções e arborização, estando assim em situação intermediária em relação ao maior e ao menor aquecimento.

No inverno, às 13h00, às 14h00 e às 15h00, observou-se a mesma ocorrência relativamente aos pontos de maior e aos de menor aquecimento.

As maiores temperaturas e as menores umidades relativas foram observadas nos pontos mais densamente construídos, sendo ainda maiores nos pontos com baixa densidade de vegetação. Os pontos com menores densidades de construções ou com densidade significativa de vegetação arbórea e gramado foram os que apresentaram as menores temperaturas.

Estes horários são os de maior aquecimento dentro do ritmo diurno da temperatura, culminando com as temperaturas mais altas entre as 15h00 e 16h00. A radiação solar é bastante intensa e a superfície emite, em ondas longas, o calor recebido em horários anteriores, evidenciando a capacidade que os diferentes tipos de ocupação do solo têm em armazenar quantidade maior ou menor de calor. Nestes horários a altitude e a exposição de vertentes deixaram de ter papel importante no maior ou menor aquecimento, vindo a ter mais influência o tipo de uso e ocupação do solo, que, quanto mais edificações tem, mais absorve o calor e a presença da vegetação arbórea teve papel importante para amenizar ou intensificar as altas temperaturas.

No verão, entre 13h00 e 15h00, a amplitude térmica e a umidade relativa intra-urbana continuaram elevadas e as temperaturas mais altas e as menores umidades relativas foram registradas nos pontos com baixa densidade de arborização, tanto nos pontos com baixa densidade de construções como nos pontos com maior densidade de construções. Os menores aquecimentos e as maiores umidades relativas foram verificados nas áreas com vegetação e com menor densidade de edificações, bem como em pontos densamente construídos, mas com vegetação arbórea.

Assim, as temperaturas mais altas e as menores umidades relativas continuaram nos pontos densamente construídos e nos que, embora não sejam totalmente ocupados por edificações, são desprovidos de vegetação arbórea. Os pontos com baixa densidade de construção e os arborizados, embora não densamente, estiveram entre os de temperaturas mais baixas e maiores umidades relativas. A Figura 5 apresenta um exemplo destas características.

No inverno, às 16h00 e às 17h00, ocorreram algumas modificações no padrão de distribuição da temperatura e umidade relativa. Os pontos de baixa altitude e, principalmente, os fundos de vale tiveram diminuição significativa das temperaturas e aumento da umidade relativa, quando comparados com os outros pontos. Nos fundos

de vale com baixa densidade de construção, a queda na temperatura foi ainda maior, do que nos pontos com baixa altitude, mas com alta densidade de construção nas proximidades.

Os pontos mais elevados tiveram temperaturas mais altas, principalmente os que possuem baixa densidade de vegetação. A umidade relativa, neste horário, variou nos pontos de alta temperatura, pois os pontos com vegetação arbórea tiveram umidade relativa maior do que aqueles com pouca vegetação. Alguns pontos, dependendo da direção do vento, tiveram temperaturas maiores ou menores, dependendo da origem (vindos de áreas densamente construídas ou não).

Nestes horários as perdas radiativas foram mais lentas nas áreas densamente construídas, possibilitando que as temperaturas ficassem entre as mais altas por mais tempo. A altitude passou a desempenhar papel importante, neste horário, ficando os pontos de baixa altitude com temperaturas mais baixas do que os de elevada altitude.

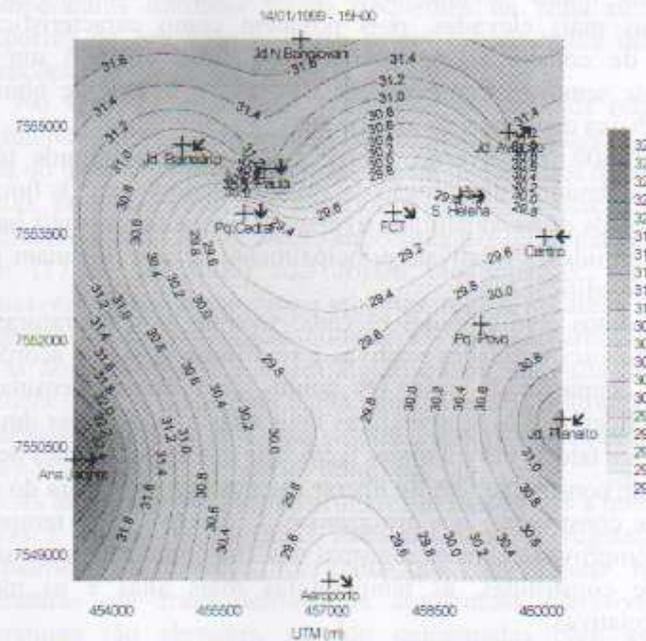


FIGURA 5. Temperaturas registradas às quinze horas do dia 14/01/1999 sobre a malha urbana de Presidente Prudente-SP.

Assim como no inverno, também no verão às 16h00, as temperaturas mais altas e as menores umidades relativas foram registradas nos pontos de maiores altitudes e com grande quantidade de construções e baixa arborização e também em pontos em que, embora de baixa altitude, há grande densidade de construção, mas nada de vegetação arbórea. Menores temperaturas e maiores umidades relativas foram observadas nos pontos de baixa altitude e nos fundos de vale, assim como nos de elevada altitude, mas com pequena densidade de edificações. Os pontos mais baixos começaram a se resfriar primeiro do que os mais elevados.

As 17h00, no verão, algumas alterações foram observadas comparativamente ao que se observaram às 16h00. Os pontos de altitudes elevadas que tinham as temperaturas mais altas e baixas umidades relativas, neste horário, tiveram queda da temperatura em contraposição aos outros pontos, formando extensa ilha de frescor que compreendia os pontos de elevada altitude e os de baixa altitude inseridos na malha urbana. Dois pontos especificamente tiveram temperaturas mais elevadas, pois possuem como característica alta densidade de construção na periferia da cidade, sendo um deles praticamente sem vegetação arbórea nas ruas e fundos de quintais e outro com baixa densidade de arborização.

As 18h00, no inverno, houve aumento da amplitude térmica intra-urbana, devido à diminuição da velocidade do vento. Os fundos de vale e os pontos de baixa altitude tiveram as temperaturas mais baixas e as maiores umidades relativas, principalmente os que possuíam menor densidade de edificações.

Os pontos com altitudes elevadas tiveram as temperaturas mais altas e as menores umidades relativas e se diferenciaram de acordo com o tipo de ocupação do solo. Os pontos com menor densidade de construção lideraram as temperaturas mais altas e as menores umidades relativas. Este fato se deve à maior facilidade que as superfícies de baixa densidade de construção têm de liberar calor para a atmosfera do que as densamente construídas, que armazenam o calor por mais tempo. Isso pode ser comprovado com os registros das 7h00, que acusam, nas áreas densamente construídas, as temperaturas mais altas e as menores umidades relativas.

No verão, às 18h00, diferentemente do que ocorreu no inverno, houve diminuição da amplitude térmica intra-urbana. Os pontos que

estavam com temperaturas mais elevadas, às 17h00 (os densamente construídos e com baixa densidade de arborização ou mesmo com ausência dela) continuaram quentes e com menor umidade relativa.

Assim diversos fatores naturais e humanos interferiram na formação de ilhas de calor em Presidente Prudente. Dentre eles destacam-se os tipos de tempo, o relevo, a exposição de vertentes e a densidade de construções e arborização.

As amplitudes térmicas e higrométricas intra-urbanas e as da zona rural, que resultaram na formação de ilhas de calor e ilhas frescas, ilhas secas e úmidas, tiveram comportamentos diferenciados no verão e no inverno.

No inverno as maiores amplitudes térmicas e de umidade relativa, que permitiram a formação de ilhas de calor e de ilhas secas com maiores magnitudes foram observadas às 7h00 e às 18h00. As temperaturas máximas, nestes horários, foram verificadas em áreas densamente construídas ou completamente inseridas na malha urbana e as temperaturas mínimas foram freqüentes na zona rural próxima (Aeroporto) ou em bairros quase rurais e com baixa densidade de construções.

No verão as amplitudes térmicas e de umidade relativa foram mais intensas em praticamente todos os horários quando comparadas com as do inverno, atingindo o máximo, na maioria dos dias, entre 9h00 e 16h00, principalmente nos horários de maior insolação e de maior aquecimento diurno. No início do aquecimento (7h00) e do resfriamento diurno (17h00 e 18h00) não foram tão intensas. Os principais responsáveis pelos pontos mais quentes foram as áreas densamente construídas e com pequena quantidade de vegetação arbórea. Por outro lado, as áreas arborizadas e, em alguns casos, com alta densidade de construções, ou as áreas com baixa densidade de construções e mesmo com arborização esparsa foram responsáveis pelas temperaturas mais baixas e pelas maiores umidades relativas.

As áreas densamente construídas são suscetíveis a intensificações térmicas e a uma difusão mais lenta de calor. A vegetação urbana, principalmente a arbórea, permitiu que em alguns horários as temperaturas em áreas densamente construídas não tivessem com temperaturas tão elevadas, quando comparadas com as de igual densidade de construção, mas com menor quantidade de vegetação.

Durante o dia as áreas rurais e com baixa densidade de construções, em consequência da baixa capacidade térmica e, expostas ao sol, aqueceram-se mais depressa, diferentemente do que ocorreu com as áreas densamente construídas.

Foram sentidas situações de desconforto térmico por várias vezes na cidade, porque as altas temperaturas coincidiram com os menores valores de umidade relativa e as baixas temperaturas com os maiores valores de umidade.

Segundo Olgyay, citado por García (1995, p.213), os limites de temperatura e umidade relativa para a zona de conforto em diagrama psicrométrico varia entre 23,9°C e 29,5°C de temperatura e entre 20% e 75% de umidade relativa. Os casos mais extremos de desconforto, dentre vários que ocorreram, foram observados à tarde nas duas estações, registrando, por exemplo, o dia 20/01 temperatura de 38°C e umidade relativa de 32%, o dia 21/01, 37°C e 31% de umidade relativa, o dia 22/07, 33°C e 36% de umidade relativa, o dia 28/07, 32,4°C e 28% de umidade relativa. Durante a manhã o inverno ocasionou os maiores índices de desconforto, registrando, por exemplo, o dia 10/07 a temperatura de 9,2°C e umidade relativa de 92%, o dia 11/07 a temperatura de 10,2°C e a umidade relativa de 91%.

As características climáticas apontadas nesta pesquisa demonstram que o crescimento de Presidente Prudente provocou impactos no clima urbano.

As diferenças da temperatura e da umidade relativa entre os diversos tipos de ocupação do solo mostraram que, apesar de ser uma cidade de aproximadamente 200.000 habitantes, já possui especificidades do ponto de vista climático, que devem ser consideradas no momento de crescimento e expansão da malha urbana, para que se tenha um ambiente de melhor qualidade.

Naturalmente o ambiente tropical é capaz de gerar desconforto pela grande quantidade de calor, que é intensificado ainda mais pelo crescimento das cidades, onde não se levam em consideração as características climáticas, pela indiscriminada impermeabilização do solo, pela utilização de materiais inadequados nas construções, pela derrubada da vegetação original sem a preocupação de deixar áreas que possam contribuir para amenizar as altas temperaturas e também pela implantação de bairros sem a presença de qualquer tipo de vegetação nas ruas e mesmo nas áreas destinadas para este fim.

Assim, é de fundamental importância que se tenha o conhecimento das especificidades de cada cidade para que se possam propor medidas que contribuam para a melhoria da qualidade de vida da população.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Presidente Prudente, como a maioria das cidades brasileiras apresenta problemas ambientais decorrentes de seu acelerado e desordenado crescimento, conseqüência do êxodo rural e da migração de cidades próximas de menor porte, em busca de melhores condições de vida.

Esta pesquisa priorizou o estudo dos efeitos de uma cidade considerada de porte médio, localizada em latitude tropical, no clima local, principalmente no comportamento da temperatura e da umidade relativa.

As características da temperatura e da umidade relativa demonstraram que Presidente Prudente possui diferenças intra-urbana e rural que permitem afirmar que existe um clima urbano específico, fruto da combinação do tipo de uso e ocupação do solo, com a presença ou carência de vegetação, altitude e exposição de vertentes. A associação destes fatores permitiu compreender as anomalias da temperatura e da umidade relativa encontradas na pesquisa de campo em dois meses das estações extremas: janeiro (verão) e julho (inverno). Os tipos de tempo foram responsáveis pelas maiores ou menores magnitudes dos fenômenos conhecidos como ilhas de calor e ilhas de frescor, assim como as ilhas secas e úmidas.

O clima urbano de Presidente Prudente revelou a formação de ilhas de calor em três aspectos significativos: - a intensidade, como indicativo da magnitude do fenômeno, que se processou com maior ou menor vigor, dependendo do sistema atmosférico atuante; - as variações espaciais, relacionadas aos tipos de ocupação do solo com a altitude e a exposição de vertentes e a presença de vegetação; e o ritmo diário e estacional que depende da radiação.

No inverno foram encontradas ilhas de calor de média magnitude (entre 2°C e 4°C) em todos os horários pesquisados (entre 7h00 e 18h00), mas com maior freqüência às 7h00 e as 18h00, quando também

foram registradas ilhas de calor de forte magnitude, entre 4°C e 6°C, coincidentes com o início do aquecimento e do resfriamento diurno, demonstrando a capacidade que as áreas densamente construídas têm de armazenar calor. Fracas magnitudes foram encontradas nos dias com fortes velocidades dos ventos, normalmente acima de 5m/s.

No verão as magnitudes mais fortes das ilhas de calor (entre 4°C e 6°C) foram observadas principalmente entre 10h00 e 16h00, coincidindo com os horários de maior insolação e maior aquecimento diurno e intensificando assim o desconforto térmico presente no verão das cidades tropicais. Nos outros horários (7h00, 8h00, 9h00, 17h00 e 18h00), foram freqüentes ilhas de calor de média magnitude (entre 2°C e 4°C), mas, também foram registradas, em alguns dias, ilhas de calor de forte magnitude, embora com menor freqüência. Os dias com fracas magnitudes (até 2°C) ocorreram quando as chuvas estiveram presentes ou próximas aos horários das leituras. No dia 13/01/99, às 16h00, especificamente, foi registrada uma amplitude de 10°C, e isso foi em consequência da precipitação em alguns pontos e ausência em outros, sendo, portanto, uma condição completamente anormal do que foi verificado em praticamente dois meses de coleta de dados.

No verão os principais responsáveis pelas maiores diferenças entre os pontos mais quentes foram as áreas densamente construídas e com pequena quantidade de vegetação. A presença da arborização de rua e fundos de quintais exerceu papel fundamental nesta estação, pois as áreas densamente arborizadas e, em alguns casos, com alta densidade de construções tiveram as temperaturas mais baixas, mas as áreas densamente construídas e com pouca vegetação ou com poucas construções, e também sem vegetação, tiveram as temperaturas mais altas.

No inverno, o principal elemento responsável pelas menores amplitudes térmicas foi a presença de ventos um pouco mais fortes. No verão, porém, a chuva teve papel fundamental na diminuição das amplitudes térmicas intra-urbanas.

Os ventos de superfície tiveram importante participação no clima urbano, principalmente no inverno, pois em alguns momentos foram responsáveis pela dissipação das ilhas de calor ou de frescor, e em outros, pela intensificação das mesmas. Em alguns pontos, a presença de ventos fracos proporcionou que o entorno próximo, zona rural em alguns casos, tivesse as suas características predominantes, e em outros

momentos quando a ausência de vento era total, as áreas sofreram a influência das construções próximas.

Os dados evidenciaram um perfil térmico e de umidade que não coincide com grande parte dos estudos realizados, os quais registram na área mais densamente construída, um pico positivo ou negativo. Nesta pesquisa foi constatado que a presença da vegetação tem papel importante para o maior e menor aquecimento em áreas densamente construídas, a que se soma altitude e exposição de vertentes. Por exemplo, no inverno, áreas densamente construídas e com quantidade significativa de vegetação tiveram comportamentos diferentes devido à exposição de vertentes e à altitude, sendo que as vertentes norte apresentaram temperaturas mais altas que as vertentes sul. Por outro lado, pontos quase rurais, ou seja, com baixa densidade de construções e praticamente sem vegetação arbórea, mas com altitudes diferentes também apresentaram resultados de temperatura e de umidade diferentes no inverno. Estes mesmos pontos no verão tiveram comportamentos parecidos.

Assim, as respostas da atmosfera de acordo com as características da superfície foram diferentes no verão e no inverno, sendo que no inverno houve muito mais a interferência das características do sítio, principalmente devido a exposição das vertentes e à altitude, e no verão, a densidade de arborização associada à densidade de construções foram as principais responsáveis pelas diferenças térmicas e de umidade intra-urbana e da zona rural próxima.

A relação entre o maior e o menor aquecimento em áreas densamente construídas e a zona rural próxima e os bairros quase rurais apresentou um ciclo diário que também variou de acordo com as estações do ano. No inverno, no início da manhã, as áreas com maior densidade de construções apresentaram as temperaturas mais elevadas. À medida que os raios solares se intensificavam, as áreas com menor densidade de construções e a zona rural próxima tinham as temperaturas mais elevadas do que as áreas com maior densidade de construções, devido ao papel desempenhado pelos corredores de construções, fazendo com que estas áreas tivessem perda radiativa mais lenta, demorando um pouco mais para aquecer o ar quando comparadas com as áreas de baixa densidade de edificações. Este fato ficou nitidamente configurado no Centro da cidade onde se encontram as edificações acima de quatro pavimentos formando os "canyons urbanos".

Com o passar das horas e ao chegarem os horários de maior aquecimento diurno, entre 15h00 e 16h00, as áreas densamente construídas já conseguiam refletir para a atmosfera os maiores aquecimentos, que perduravam até o início do resfriamento diurno entre 17h00 e 18h00.

No verão, com exceção do início da manhã que tinha na altitude o principal responsável pelo maior ou menor aquecimento, sendo o espigão principal da cidade afetado pelas temperaturas mais altas, com o passar das horas, ainda no período da manhã, já se registrava o maior aquecimento nas áreas com grande quantidade de edificações e com baixa densidade de vegetação e também naquelas com menor densidade de construções, porém, com pouca ou nenhuma vegetação arbórea nas ruas e fundos de quintais.

Essas características fazem de Presidente Prudente um bom exemplo para o estudo do clima urbano, pois o entendimento dos mecanismos fundamentais de geração de especificidades, notadamente no campo térmico e na umidade relativa, os quais associados principalmente a um efetivo ordenamento territorial da cidade, poderão resultar em ações efetivas para a melhoria da qualidade de vida urbana, o que até agora não ocorreu.

Dessa forma, pode-se afirmar que Presidente Prudente, como a grande maioria das cidades brasileiras, cresceu sem levar em consideração o seu contexto climático. Nesse contexto o relevo, o uso e a ocupação do solo, e os condicionantes geoambientais e urbanos são fundamentais para caracterizar as diferenças existentes no interior da própria cidade e na zona rural próxima, com o objetivo de diagnosticar as alterações presentes na atmosfera urbana, para contribuir com o planejamento da cidade.

As sugestões apresentadas para o planejamento urbano na perspectiva climática apontam para a necessidade de arborização das áreas verdes já destinadas para este fim, além da implantação de uma política de arborização das ruas, o que demonstrou ser fator fundamental na amenização principalmente, das temperaturas mais elevadas e do grande desconforto vivenciado nas cidades de clima tropical. Outra medida importante é a que visa impedir que se façam mais canalizações fechadas na cidade, a fim de que seja possível o represamento de alguns pontos, propiciando o aumento da umidade relativa do ar.

principalmente nos horários de maior aquecimento diurno e no inverno, quando esta é muito baixa e contribui também ela para o desconforto.

Os espaços verdes, além de contribuir para o abrandamento do clima, podem também favorecer o descanso e o lazer da população, como ocorre em alguns poucos bairros da cidade, que atraem, nos fins de tarde e de semana, quantidade significativa de pessoas para a prática de esportes, de caminhadas e para o lazer.

O tamanho dos lotes nos novos loteamentos bem como a obrigatoriedade de reservar parte do terreno para essa finalidade permeável, também é uma medida que em muito contribuirá para a melhoria do clima urbano.

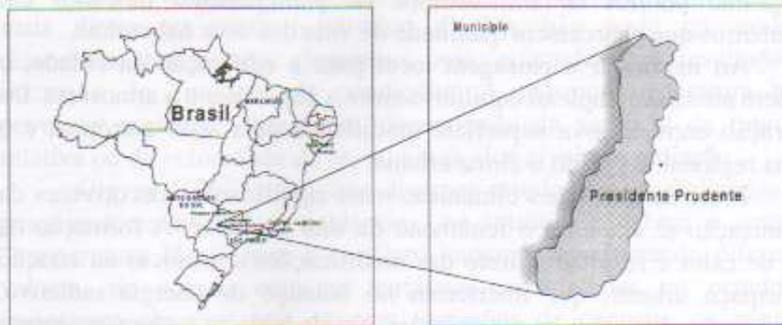
Essas iniciativas poderão contribuir para atenuar as elevadas amplitudes termo-higrométricas, além de permitirem o encadeamento do ciclo hidrológico, tão fortemente alterado nas áreas urbanas devido à impermeabilização generalizada do solo, tendo como resposta à melhoria da qualidade ambiental urbana.

6. BIBLIOGRAFIA

- AMORIM, M.C.C.T. *O clima urbano de Presidente Prudente/SP*. São Paulo, 2000. 374p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- BARRIOS, N. A. Z., SANT'ANNA NETO, J. L. A circulação atmosférica no extremo oeste paulista. *Boletim climatológico*, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.8-9, março 1996.
- BRANDÃO, A. M. de P. M. *O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro*. São Paulo, 1996. 362p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- CHANDLER, T. J. *The climate of London*. London: Hutchison of London, 1965. 287p.
- DANNI, I. M. *Aspectos temporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982: contribuição ao estudo do clima urbano*. São Paulo, 1987. 129p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- GARCÍA, FERNÁNDEZ F. *Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación*. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1995. 285p.
- LANDSBERG, M. E. *The urban climate*. New York: Academia Press, 1981. 276p.

- LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.
- MENDONÇA, F. de A. *O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR*. São Paulo, 1994. 322p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- MONTEIRO C. A. de F. *Clima, Geografia do Brasil: Grande Região Sul*. Rio de Janeiro: IBGE, Tomo 1, p.117-158, 1963.
- MONTEIRO C. A. de F. *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, 25).
- OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. London: Methuem & Ltd, A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978. 372p.
- SEZERINO, M. L., MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, p. 20-60, 1990.
- SUDO, H., LEAL, A. C. Aspectos geomorfológicos e impactos ambientais da ocupação dos fundos de vales em Presidente Prudente-SP. *Revista Natureza*, Uberlândia, p.362-367, 1996.

CONFORTO TÉRMICO EM PRESIDENTE PRUDENTE - SP



ANDREA KOGA VICENTE
JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI
MARGARETE C. DE COSTA TRINDADE AMORIM

INTRODUÇÃO

Em um processo histórico que vem se acelerando exponencialmente, a população mundial, cada vez mais, tem se concentrado nos centros urbanos.

As cidades brasileiras não são uma exceção a essa tendência. Segundo dados da FIBGE, na década de 40 a população urbana correspondia a 31% do total de habitantes do país, 56% na década de 70, e no século XXI, 81% da população brasileira reside nas cidades. Não obstante a cidade ter se tornado o principal espaço de convivência humana não houve, no entanto, uma aplicação proporcional dos órgãos de gestão pública de instrumentos de planejamento baseados em parâmetros que abarcassem qualidade de vida dos seus habitantes.

Ao modificar a paisagem local para a edificação da cidade, o homem altera o complexo equilíbrio entre a superfície e a atmosfera. Da interação entre a nova superfície modificada pela ação antrópica e o clima regional, é gerado o clima urbano.

Entre as alterações climáticas mais significativas decorrentes da urbanização se encontra o fenômeno da *ilha de calor*. A formação da ilha de calor é resultado direto das modificações antrópicas na criação do espaço urbano, que interferem no balanço de energia radiativa, provocando alterações na temperatura, umidade do ar e comportamento dos ventos, incidindo diretamente no conforto térmico dos habitantes.

O estudo do conforto térmico, na perspectiva geográfica, está diretamente ligado às alterações no balanço de energia que ocorrem na cidade e interferem nas variáveis climáticas do conforto, considerando-se como as principais: temperatura, umidade, velocidade do ar e a radiação incidente.

Estes estudos buscam compreender os mecanismos e processos que atuam na interação termo-higrométrica do indivíduo com seu ambiente, visando propor soluções que ofereçam melhor qualidade de vida para o homem.

O organismo humano é homeotérmico, ou seja, necessita manter uma temperatura interna constante em torno de 37°C (temperatura de referência), permitindo variações dentro de limites estreitos: entre 36,1°C a 37,2°C, sendo que alterações acima ou abaixo destes valores podem provocar, progressivamente, queda de rendimento do organismo, problemas no aparelho circulatório, lesões, coma e até colapso total.

Quanto mais desfavoráveis se apresentarem às condições ambientes para a manutenção da temperatura homeotérmica, maiores serão as trocas entre o corpo e o meio, expondo o indivíduo ao stress térmico. Esse desequilíbrio desencadeia os mecanismos termo-reguladores, que ativam processos através dos quais o organismo ganha ou perde calor para o ambiente, buscando manter a temperatura de referência.

O conceito de conforto térmico envolve aspectos climáticos (temperatura do ar, umidade, radiação, vento), biológicos (resposta do organismo em relação ao ambiente) e psicológicos (satisfação/insatisfação com as condições climáticas externas), pressupondo equilíbrio energético entre o Homem e o meio.

A temperatura do ar é, sem dúvida, a variável que influi de forma mais direta no conforto térmico. Porém, não pode ser avaliada dissociada dos demais elementos pois, o conforto é resultado da interação do conjunto de condições. A mesma temperatura pode provocar sensações diferentes, dependendo da variação da umidade relativa ou da velocidade do ar, ou ainda, dos níveis de radiação.

Olgay (1963) relata que diversos estudos foram realizados por pesquisadores britânicos e alemães, no intuito de definir a zona de "temperatura ideal" para o conforto humano, apresentando diferentes valores, de acordo com as variáveis consideradas no estudo. É importante observar que existem variações de conceito de zona de conforto de acordo com a localidade, pois a aclimação do indivíduo às condições locais interfere na percepção de seu ambiente, e conseqüentemente, na sua sensação de conforto. Contudo, ainda hoje existe a carência de estudos que contemplem as especificidades da realidade tropical, resultado de combinações de elementos e condições que em muito diferem das altas latitudes, de onde provém grande parte do arcabouço teórico e empírico aplicado nos estudos de conforto térmico.

Em localidades de altas temperaturas a umidade do ar desempenha um papel importante, pois regula a evaporação, e conseqüentemente as perdas de calor por transpiração. Acima de 60% e, sobretudo acima de 80% de umidade relativa combinada com altas temperaturas, as perdas por evaporação são dificultadas pela saturação do ar no entorno, aumentando a sensação de calor e o desconforto. Baixas taxas de umidade também acarretam distúrbios para o organismo, abaixo de 20% aumenta o perigo de infecções em

decorrência do ressecamento das mucosas, assim como a combinação de baixa umidade relativa e baixa temperatura acentua o desconforto pelo frio. A umidade relativa considerada ideal para a realização dos processos biológicos do ser humano está compreendida entre 40 e 60%.

O movimento do ar atua nas trocas térmicas por evaporação e convecção, potencializando sua atuação. O vento atua como dispersor de energia, carregando a umidade perdida pelo corpo por evaporação e acelerando as trocas por convecção. Em condições de baixas temperaturas pode acentuar a sensação de desconforto pelo frio, e se as temperaturas são superiores a 40°C, o ar aumenta a sensação de calor, quando fica bem caracterizado o fenômeno da advecção de calor sensível (sensação do ar quente que se desloca ou o *vento quente*).

Todas essas variáveis climáticas que atuam no conforto térmico são alteradas pela ação antrópica, que tem na edificação da estrutura urbana um dos seus principais impactos. Ocorre a diminuição da umidade relativa decorrente da substituição dos componentes naturais da paisagem por materiais usados nas edificações e pavimentações, e na remoção da vegetação, ficando mais energia disponível para o aquecimento do ar.

Esses materiais também absorvem e armazenam mais calor, liberando-o em forma de radiação infravermelha, contribuindo para a elevação da temperatura. O comportamento dos ventos é alterado pelo aumento da rugosidade da superfície, tornando-se mais turbulento e diminuindo sua velocidade, dificultando a dispersão de calor e poluentes.

Nos centros urbanos somam-se ao particulado já existente no ar, os aerossóis decorrentes das atividades humanas, principalmente das chaminés das indústrias e da descarga dos carros. Em decorrência, ocorre a diminuição da radiação solar direta que atinge a superfície urbana. Porém, o particulado suspenso também absorve a radiação infravermelha emitida pelas estruturas urbanas, que liberada, eleva a temperatura o ar.

É neste contexto que é proposto o estudo do conforto térmico em Presidente Prudente - SP, cidade com crescimento urbano desordenado, sem um planejamento de uso e ocupação do solo que atendesse parcela significativa da população, arborização urbana inadequada, ausência de espelhos de água, fatores esses que interferem direta ou indiretamente na dispersão do calor, na circulação do vento e na umidade relativa do

ar. Esse conjunto de características influencia diretamente no aumento da temperatura, criando as ilhas de calor, gerando desconforto térmico para a população que aí reside.

Presidente Prudente – SP, enquadra-se na categoria de cidades de médio porte, o que vêm facilitar a aplicação de medidas que minimizem tais problemas e direcionem um planejamento para o crescimento urbano realizado de forma a melhorar a qualidade de vida de seus moradores.

A ÁREA DE ESTUDO NO CONTEXTO GEOGRÁFICO

Localizada no extremo oeste do estado de São Paulo a aproximadamente 560 km da capital, entre as latitudes 22°09'54" S e 22°04'41" S e as longitudes 51°27'24"W e 51°21'49"W, a cidade de Presidente Prudente situa-se no planalto ocidental paulista. Em decorrência de sua localização geográfica, encontra-se em uma área de transição climática, tendo seu clima influenciado pela alternância dos sistemas tropicais e polares, mas dominado por massas de ar Tropical Marítima. Apresenta duas estações bem definidas: uma estação mais seca, de tempo estável (outono – inverno), e outra quente e úmida com chuvas mais freqüentes e intensas (primavera – verão).

Segundo a classificação de Köppen, o clima de Presidente Prudente, pode ser classificado como Awa, "*clima tropical com verões tórridos, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C*", (Jurca & Tommaselli, 1999).

Segundo dados do Boletim Climatológico (1996), Presidente Prudente apresenta média anual de temperatura de 23,1°C, a temperatura média do mês mais quente (fevereiro) é 25,6°C e do mês mais frio (junho) é 19,6°C. A umidade relativa média da cidade oscila entre 60% e 70%.

A área urbana de Presidente Prudente, de 123,25 Km², encontra-se assentada nas vertentes do espigão formado pelo conjunto das microbacias do Córrego do Veado, do Bacarin e do Colônia mineira a Leste, apresentando uma expansão da malha urbana, a qual abrange o córrego do Botafogo e do Cedro, fazendo parte da bacia do Rio Santo Anastácio, e a Oeste, os Córregos do Gramado, da Cascata e das Três Pontes, os quais deságuam na bacia do Rio Mandaguari, integrante da grande bacia do Rio do Peixe. Esse conjunto delinea um relevo que se

apresenta de maneira geral irregular, composto por colinas aplainadas e morrotes, com uma altitude que varia de 375 a 480 metros (Amorim, 2000). Sua orientação no nível da base no sentido Oeste dá-se de maneira menos abrupta do que a Leste, com declividade predominante de 2 a 5 %. Sendo que a Leste a declividade pode chegar acima de 45 %.

Hoje a população urbana corresponde a cerca de 97 % da população total do município, que é de 177.368 habitantes, sendo que, 36% desse total concentra-se na região central cidade (Censo IBGE).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Monteiro (1976) propõe uma abordagem sistêmica do clima urbano, mediante os canais da percepção humana. Considera que os elementos possam ser agrupados em conjuntos de maior afinidade e interação, porém sem nunca dissociá-los uns dos outros em sua dinâmica. Neste estudo, será abordado o subsistema termodinâmico, que é o referencial para a noção de conforto térmico. O desenvolvimento desse subsistema é contínuo e de responsabilidade do homem e da natureza, sendo, portanto passível de interferência no planejamento do urbano para minimizar seus efeitos negativos sobre a sociedade.

O canal da percepção do conforto térmico está ligado às variáveis de temperatura e umidade, que não podem ser desvinculadas dos demais elementos climatológicos, pois a temperatura alterada da cidade gera uma ventilação urbana, que interfere na condensação e precipitação, ou seja, todos os elementos se inter-relacionam e interferem no comportamento dos demais dentro do sistema.

Para o estudo do conforto térmico na cidade de Presidente Prudente foram registrados dados de temperatura externa e interna e umidade relativa interna em três pontos de coleta, utilizando higrotermômetro digital, composto por sensores internos e externos de temperatura e sensores internos de umidade relativa. A coleta de dados realizou-se num período de vinte dias, entre 07/11 e 05/12/200, em uma situação de verão, ocasião em que as temperaturas de Presidente Prudente são elevadas, podendo gerar *stress* térmico ao calor.

Procurando abarcar um universo temporal que representasse as condições das variáveis térmicas e higrométricas ao longo do dia, foram estabelecidos quatro horários para a coleta dos dados: 9:00h, 12:00h,

15:00h e 21:00h.

Para a seleção dos pontos de coleta de dados foram considerados aspectos do uso e ocupação do solo e características da edificação. Como uso e ocupação do solo foram observadas a densidade das construções e a presença de vegetação. Os prédios selecionados foram preferencialmente de alvenaria, com laje, material mais usualmente utilizado nas edificações da cidade.

Mediante essas considerações foram selecionados três pontos para coleta de dados:

1. *Centro*: localizado no quadrilátero central da cidade, área de atividade comercial situada entre as quatro principais avenidas, com intenso fluxo de pessoas e veículos. Caracteriza-se por ser densamente ocupado e edificado, com toda a área de terrenos ocupada por construções. A presença de vegetação é escassa.

2. *Bairro*: situado em uma área predominantemente residencial, com edificações térreas em sua grande maioria. Trata-se de uma área densamente edificada e com presença de arborização nas ruas, nos jardins das residências e nos fundos dos quintais de algumas casas. O fluxo de veículos e pessoas é tão intenso quanto no Centro.

3. *Unesp*: foram usadas as medidas de temperatura e umidade registradas no interior do prédio da Estação Meteorológica da FCT/UNESP de Presidente Prudente, assim como os dados de temperatura externa da estação. O prédio da Estação Meteorológica localiza-se em uma área com significativa presença de vegetação e não tão densamente edificada, havendo a presença de espaços abertos.

Visando o registro das sensações climáticas (ligadas às condições das variáveis climáticas temperatura e umidade que atuam no conforto térmico) e biológicas (referentes a atuação ou não dos mecanismos termo-reguladores) percebidas pelo indivíduo, foi elaborado um questionário em que foram consideradas como sensações climáticas: frio, muito frio, quente, muito quente, abafado, fresco, úmido, seco; e como sensações biológicas: sonolência, falta de ar, tontura, irritação, calafrios e bem-estar.

Os questionários foram aplicados concomitantemente à coleta dos dados e distribuídos num total de quarenta unidades no Bairro,

Centro e Unesp. Os participantes foram orientados a efetuarem os registros nos períodos da manhã, tarde e noite. Não foram estabelecidos horários rígidos para o registro, visando não interferir na percepção do indivíduo.

Após o levantamento, os dados de temperatura interna, externa e umidade foram inseridos na planilha eletrônica Excel¹. Esses dados serviram como base para a gerar os gráficos diários das variáveis por dia e local, em que foi possível comparar o comportamento das temperaturas internas, externas e umidade no local, no transcorrer do período do estudo; dos gráficos das variáveis por horário, que permitiram a análise do comportamento da temperatura interna, externa e umidade nos três pontos, por horário durante o período da observação.

Esses dados também foram usados no cálculo da temperatura efetiva, dos quais a partir dos valores de temperatura interna e umidade foram extraídos os valores do termômetro de bulbo úmido, para aplicação na fórmula de Thom (1959).

A tabulação dos dados dos questionários foi feita mediante o uso da planilha eletrônica. Os dados inseridos serviram de base para a elaboração das tabelas de sensação biológica predominante em relação às sensações climáticas por faixa horária.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o período da coleta dos dados, a região de Presidente Prudente esteve sob o domínio das massas de ar Tropical Continental (Tc), que apresenta como características a estabilidade, baixa umidade e altas temperaturas; e a Polar Marítima, que é responsável pela queda de temperatura durante sua atuação e elevação da umidade.

Nove horas

Às nove horas da manhã, as temperaturas externas (figura 2) apresentaram-se mais baixas que as temperaturas internas (figura 1) nos três pontos de medida, durante o período analisado. Este fato pode ser atribuído à conservação de calor dos materiais constituintes das edifica-

¹ Excel é marca registrada Microsoft Corporation.

ções, que liberam radiação de ondas longas para o interior e o exterior da construção, porém na área externa ocorre a dissipação do calor, enquanto que no interior a energia é conservada, sendo dissipada mais lentamente.

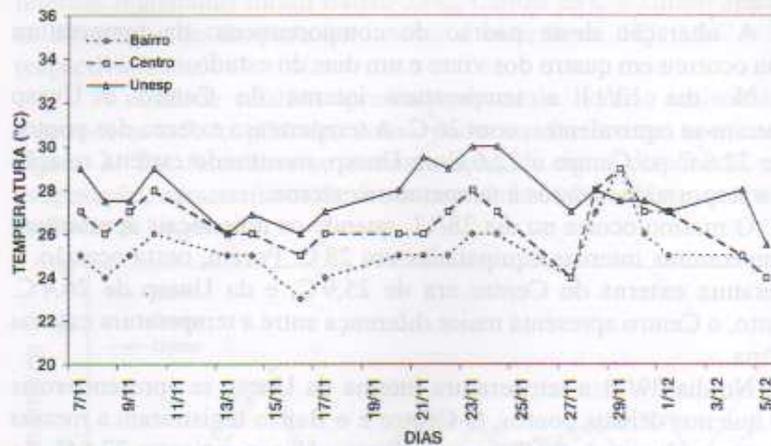


FIGURA 1. Temperatura interna às 9:00 h no centro, Unesp e bairro.

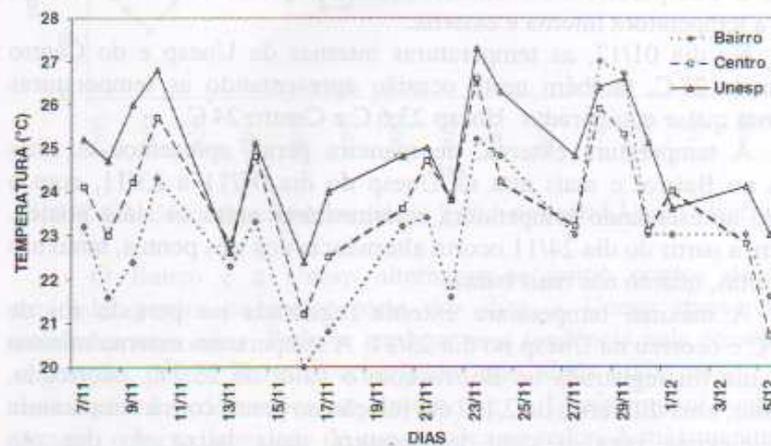


FIGURA 2. Temperatura às 9:00 h no centro, Unesp e bairro.

A Unesp apresentou, em geral, as temperaturas internas mais

altas dos três pontos neste horário, devido às características da edificação: teto com laje sem cobertura de telhas, que além de receber a radiação solar direta aquecendo o alto do edifício, não possui a camada de ar criada entre a telha e a laje que atua como fator de resistência térmica.

A alteração deste padrão de comportamento da temperatura interna ocorreu em quatro dos vinte e um dias do estudo.

No dia 13/11 a temperatura interna do Centro e Unesp encontram-se equivalentes, com 26°C . A temperatura externa dos pontos era de $22,8^{\circ}\text{C}$ no Centro e $22,6^{\circ}\text{C}$ na Unesp, mostrando estreita relação entre a resposta dos pontos à temperatura externa.

O mesmo ocorre no dia 28/11, quando os dois locais apresentam as temperaturas internas equiparadas em 28°C . Porém, nesta ocasião, a temperatura externa do Centro era de $25,9^{\circ}\text{C}$, e da Unesp de $26,4^{\circ}\text{C}$. Portanto, o Centro apresenta maior diferença entre a temperatura externa e interna.

No dia 29/11 a temperatura interna da Unesp se apresenta mais baixa que nos demais pontos. O Centro e o Bairro registraram a mesma temperatura interna de 29°C , enquanto que a Unesp registrou $27,5^{\circ}\text{C}$. As temperaturas externas dos pontos na ocasião são: Centro $25,3^{\circ}\text{C}$; Bairro $26,7^{\circ}\text{C}$ e Unesp $26,7^{\circ}\text{C}$. Novamente o Centro apresenta maior diferença entre a temperatura interna e externa.

No dia 01/12, as temperaturas internas da Unesp e do Centro foram de 27°C , também nesta ocasião apresentando as temperaturas externas quase equiparadas: Unesp $23,6^{\circ}\text{C}$ e Centro 24°C .

A temperatura externa, de maneira geral, apresentou-se mais baixa no Bairro, e mais alta na Unesp do dia 07/11 a 23/11, com o Centro apresentando temperatura intermediária entre os dois pontos. Porém, a partir do dia 24/11 ocorre alternância dos três pontos, tanto nas mais altas, quanto nas mais baixas.

A máxima temperatura externa registrada no período foi de $27,3^{\circ}\text{C}$ e ocorreu na Unesp no dia 23/11. A temperatura externa mínima neste dia foi registrada no Bairro com o valor de $25,2^{\circ}\text{C}$, ocorrendo, portanto, uma diferença de $2,1^{\circ}\text{C}$ em relação ao ponto com a temperatura mais elevada para o com temperatura mais baixa do dia. As temperaturas internas dos dois pontos foram, respectivamente, 30°C na Unesp e 26°C no Bairro. A diferença entre temperatura interna e externa foi de $2,7^{\circ}\text{C}$ na Unesp e $0,8^{\circ}$ no Bairro.

A mínima temperatura externa do período foi registrada no Bairro, com o valor de 20°C no dia 16/11. As temperaturas internas dos dois outros pontos também foram baixas, Centro 21,2°C e Unesp 22,4°C, decorrente do domínio da Massa Polar na ocasião. As temperaturas internas registradas foram Bairro 23°C, Centro 25°C e Unesp 26°C, com as diferenças de temperatura interna e externa de 3°C, 3,8°C e 3,6°C, respectivamente.

A umidade relativa apresentou-se neste horário mais baixa no Centro em todo o período, como pode ser facilmente verificado na figura 3. Tal fato deve-se a diminuição de água disponível para a evaporação, característica de áreas com densa edificação e ausência ou carência de vegetação.

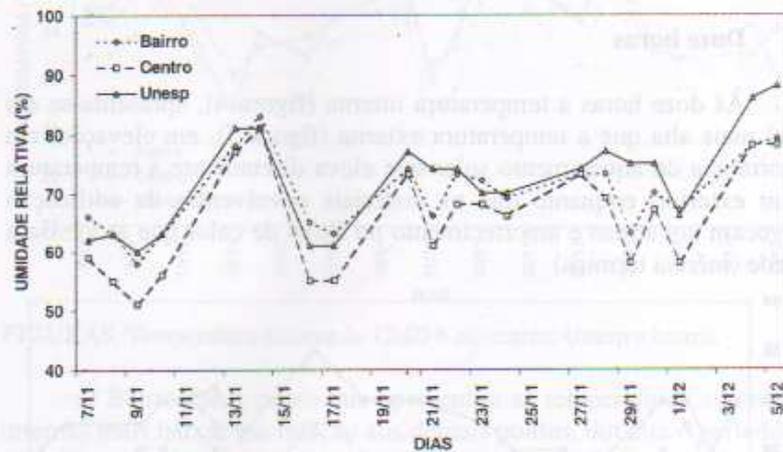


FIGURA 3. Umidade relativa medida às 9:00 h no centro, Unesp e bairro.

O Bairro e a Unesp alternaram-se como pontos de maior umidade, porém na maior parte dos dias, a Unesp apresentou as umidades mais altas. Pode-se explicar essa tendência pela presença de vegetação, pois o Bairro é arborizado, mas ainda assim possui maior densidade de edificações no entorno, e a Unesp possui vegetação (grama) e baixa densidade de construções ao redor. A máxima umidade relativa ocorreu no dia 05/12 na Unesp, com valor de 88%. O Bairro registrou 79% e o Centro, 78%. No dia 04/12 houve a ocorrência de precipitação e domínio da massa Polar. Pelo que pode ser observado

(figura 3) a Unesp conservou a umidade até o dia 05/12 enquanto que o Bairro e o Centro mantiveram-se estáveis.

No dia 13/11 os índices de umidade relativa se elevam nos três pontos de coleta, chegando a 78% no Bairro, 77% no Centro e 81% na Unesp. Este fato deve-se a ocorrência de precipitação nos dias 10, 12 e 13/11.

A mínima umidade relativa foi registrada no Centro dia 09/11, com 51%. Neste dia o Bairro registrou 58%, e a Unesp 62%. Na ocasião, a região se encontrava sob o domínio da Tc há alguns dias, que é caracterizada por baixas taxas de umidade.

Nota-se que os níveis de umidade relativa se encontram dentro dos padrões de conforto em relação à temperatura.

Doze horas

Às doze horas a temperatura interna (figura 4), apresenta-se em geral mais alta que a temperatura externa (figura 5), em elevação, em decorrência do aquecimento solar que eleva diretamente a temperatura do ar exterior, enquanto que os materiais envolventes da edificação provocam um atraso e amortecimento no fluxo de calor que atravessa a parede (inércia térmica).

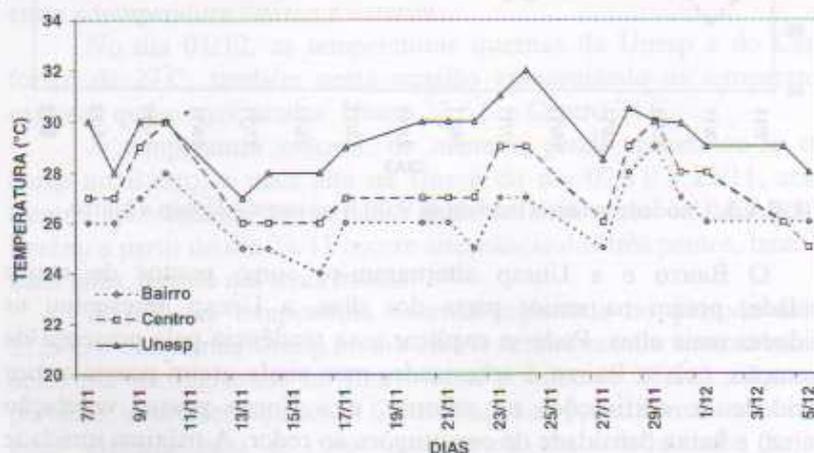


FIGURA 4. Temperatura interna às 12:00 h. no centro, Unesp e bairro.

A Unesp ainda apresenta as temperaturas internas mais altas que os demais pontos também neste horário. A máxima temperatura interna registrada ocorreu no dia 24/11, em que a Unesp apresentou a temperatura interna de 32°C (externa de 30,5°C), o Bairro registrou 27°C de temperatura interna (e 29,8°C de externa) e o Centro 29°C (externa de 31°C). A diferença da temperatura mais baixa e mais alta entre os pontos foi de 5°C.

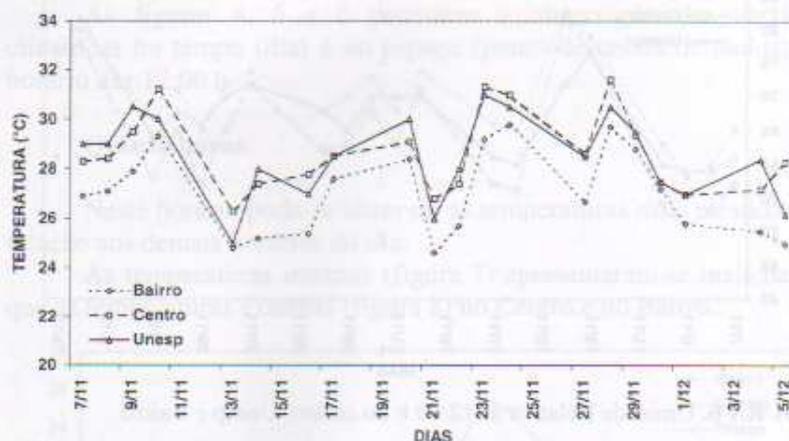


FIGURA5. Temperatura externa às 12:00 h no centro, Unesp e bairro.

O Bairro foi o ponto que apresentou as temperaturas externas e internas mais baixas em relação aos demais pontos, durante o período da pesquisa, com exceção do dia 05/12. Neste dia, o Centro apresentou a temperatura interna de 25°C, enquanto que no Bairro era de 26°C, e na Unesp de 28°C. Porém, a temperatura externa no Centro apresentou-se mais alta que as demais, 28,3°C. No Bairro era de 25°C e na Unesp de 26,2°C. A diferença apresentada entre temperatura interna e externa no Centro foi de 3,3°C, no Bairro foi de 1°C e na Unesp de 1,8°C. Nota-se, que no Centro houve um aquecimento mais rápido da temperatura externa em relação aos demais pontos, neste dia, pois no horário das 9:00h a temperatura externa do Centro era de 20,7°C, e às 12:00h passou para 28°C, perfazendo uma diferença de 7,3°C, enquanto que a diferença do Bairro foi de 3,4°C, e da Unesp de 3,2°C. A região encontrava-se neste dia sob o domínio da Massa Polar e ventos de SW.

A Unesp e o Centro apresentaram alternância nas máximas de temperatura externa neste horário. A máxima temperatura externa registrada ocorreu no Centro no dia 28/11, e foi de 31,6°C, enquanto o Bairro registrava 29,7°C, e a Unesp 30,5°C.

A umidade relativa (figura 6) apresentou pouca variação em relação ao horário das 9:00h.

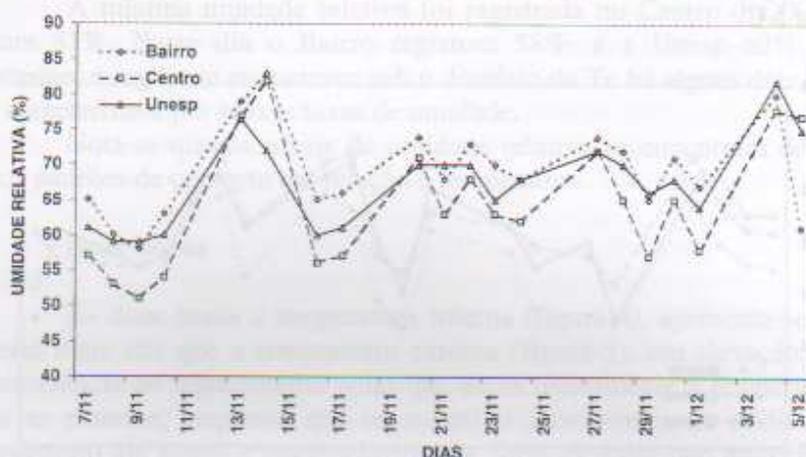


FIGURA 6. Umidade Relativa às 12:00 h no centro, Unesp e Bairro.

O Centro continua sendo o local com a umidade mais baixa em relação aos três pontos, e o Bairro, define-se neste horário, como o local em que a umidade se encontra mais elevada, com exceção dos dias 21, 29/11 e 04/12.

No dia 21/11 a Unesp apresenta a UR de 70%, enquanto que o Bairro registra o valor de 68%, portanto apenas 2% de diferença.

No dia 29/11 A Unesp volta a apresentar a UR mais elevada (66%), mas com diferença de apenas 1°C do Bairro (65%).

No dia 04/12 a diferença apresenta-se de 2%, com a Unesp registrando 82% e o Bairro, com 80%.

O dia 05/12 apresenta a maior alteração no padrão do comportamento da umidade relativa. O Centro, que em geral apresentou os níveis mais baixos de umidade, registrou 77%, a Unesp 75% e o Bairro, 61%.

A máxima umidade relativa do período foi registrada no Bairro

com 83%, no dia 14/11. Os demais pontos apresentaram neste dia, o valor de 82% Centro, e 72% na Unesp.

A mínima umidade relativa registrada foi de 51% no Centro no dia 09/11 (domínio da Tc), no Bairro foi registrada a UR de 58%, e na Unesp de 59%.

Observa-se que a umidade relativa, apesar da queda nos índices em relação às 9:00h, ainda se encontra dentro da faixa considerada como de conforto humano.

As figuras 4, 5 e 6 permitem a observação das variáveis climáticas no tempo (dia) e no espaço (ponto de coleta de dados), no horário das 12:00 h.

Quinze horas

Neste horário pode-se observar as temperaturas mais elevadas em relação aos demais horários do dia.

As temperaturas internas (figura 7) apresentaram-se mais baixas que as temperaturas externas (figura 8) no Centro e no Bairro.

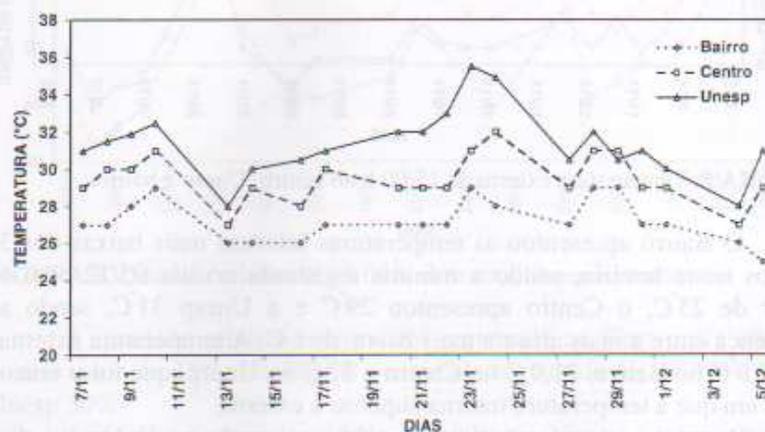


FIGURA 7. Temperatura interna às 15:00 h no centro, Unesp e bairro.

No dia 13/11 a passagem de uma frente fria provocou queda da temperatura externa, que apresentou valores mais baixos que a temperatura interna. Neste dia a diferença entre temperatura interna e

externa foi de $1,3^{\circ}\text{C}$ no Bairro, que registrou 26°C de temperatura interna e $24,7^{\circ}\text{C}$ de temperatura externa; $0,2^{\circ}\text{C}$ no Centro (27°C e $26,8^{\circ}\text{C}$) e 3°C na Unesp (28°C interna e 25°C externa). Nota-se que a edificação do ponto Unesp conservou mais calor que os demais pontos. A queda das temperaturas foi acompanhada pelo aumento da taxa de umidade relativa do ar. No Centro e no Bairro as temperaturas externas foram superiores às internas nos demais dias. A Unesp, porém, apresentou alternância entre as temperaturas externas e internas como as mais altas do local neste horário.

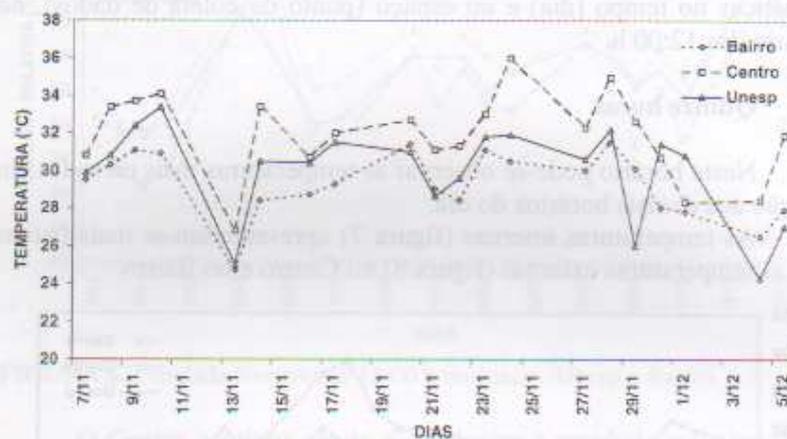


FIGURA 8. Temperatura externa às 15:00 h no centro, Unesp e bairro.

O Bairro apresentou as temperaturas internas mais baixas dos 3 pontos neste horário, sendo a mínima registrada no dia 05/12 com o valor de 25°C , o Centro apresentou 29°C e a Unesp 31°C , sendo a diferença entre a mais alta e a mais baixa de 6°C . A temperatura externa de $27,9^{\circ}\text{C}$ no Bairro, $31,9^{\circ}\text{C}$ no Centro e 27°C na Unesp, que foi o único local em que a temperatura interna superou a externa.

A máxima temperatura interna foi registrada na Unesp no dia 23/11 com o valor de $35,5^{\circ}\text{C}$, sendo superior a temperatura externa de $31,8^{\circ}\text{C}$. O Bairro apresentou a temperatura interna de 29°C e a externa de $31,1^{\circ}\text{C}$, e o Centro apresentou a temperatura interna de 31°C e a externa 33°C , ou seja, as temperaturas internas registradas foram inferiores às temperaturas externas, o que demonstra mais uma vez o

desconforto da edificação da Unesp.

O Centro apresentou as temperaturas externas mais altas dos 3 pontos neste horário, o que demonstra a influência das edificações no balanço termo-higrométrico do ar na cidade. A temperatura externa máxima foi registrada no Centro, com o valor de 36°C , no dia 24/11. No mesmo dia e horário, o Bairro registrou a temperatura externa de $30,5^{\circ}\text{C}$, e a Unesp $31,9^{\circ}\text{C}$. A temperatura interna dos pontos registrou no Centro 32°C , no Bairro 28°C e na Unesp $34,9^{\circ}\text{C}$. A diferença entre temperatura interna e externa dos pontos foi Centro com 4°C , no Bairro $2,5^{\circ}\text{C}$.

O Centro apresentou novamente os índices mais baixos de umidade, conforme pode ser constatado na figura 9.

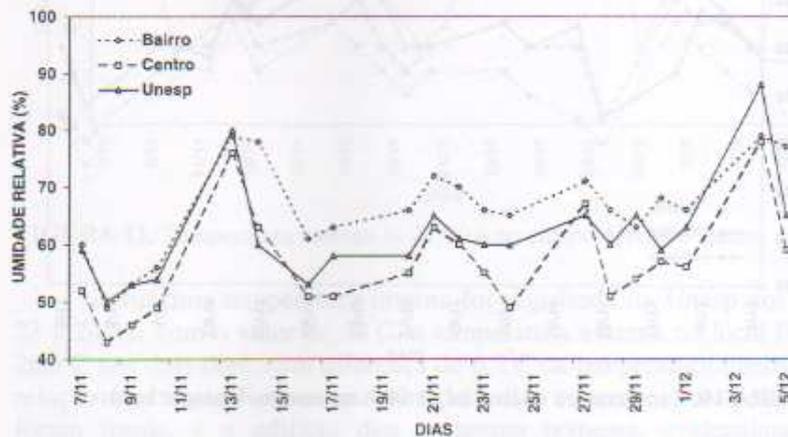


FIGURA 9. Umidade relativa às 15:00 h no centro, Unesp e bairro.

A umidade relativa mínima foi registrada no Centro dia 08/11, com o valor de 43%. No Bairro a umidade registrada foi de 49%, e na Unesp 50%.

A diferença entre a umidade mais alta, na Unesp, e a mais baixa, no Centro, foi de 7%. Neste dia, a região encontrava-se sob o domínio da massa Tropical Continental, fato que explica os baixos níveis de umidade relativa.

O Bairro apresentou neste horário, os índices de umidade relativa mais altos dos 3 pontos, durante o período analisado, variando de 43%

no dia 08/11, e 79% nos dias 13/11 e 04/12.

No dia 04/12 a Unesp apresentou o valor máximo de umidade relativa deste horário, chegando a 88%, enquanto que o Bairro registrou 79%, e o Centro 78%. Os altos índices de umidade relativa devem-se a passagem de um sistema frontal na região.

Vinte e uma horas

As temperaturas internas (figura 10) voltam a apresentar-se mais altas que as temperaturas externas (figura 11), neste horário.

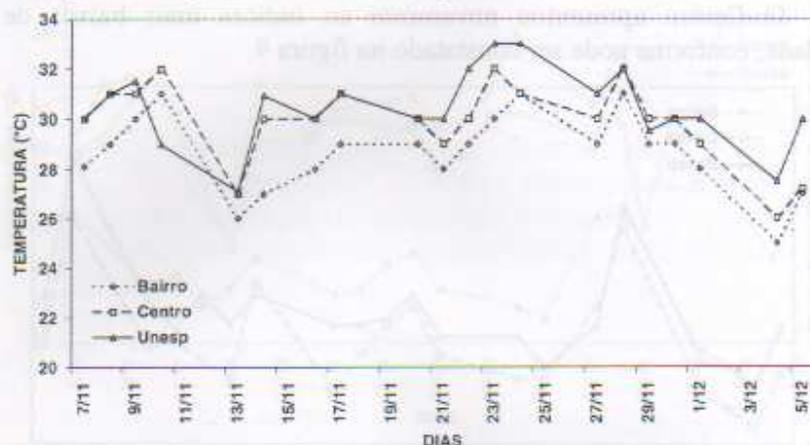


FIGURA 10. Temperatura interna às 21:00 h no centro, Unesp e bairro.

O Bairro foi o ponto que apresentou as temperaturas internas mais baixas neste horário.

No dia 10/11, ocorreu uma variação no padrão apresentado, e a temperatura interna mais baixa foi registrada na Unesp com o valor de 29°C, enquanto que o Bairro registrou 31°C, e o Centro apresentou 32°C. A temperatura externa na ocasião apresentou-se com os valores de 23,1°C na Unesp, no Bairro 30,8°C e no Centro 29,8°C.

A temperatura interna mínima foi registrada dia 04/12, no Bairro com 25°C. O Centro registrou 26°C, e a Unesp 27,5°C. As temperaturas externas dos pontos nesta ocasião foram de 24°C no Bairro, 23,1°C no Centro e 22,8°C na Unesp. A diferença entre a temperatura interna e externa dos pontos foi 1°C no Bairro, 2,9°C no Centro e 4,7°C na

Unesp. As temperaturas internas mais altas alternaram-se entre a Unesp e o Centro. Registraram o mesmo valor nos dias 07, 16, 20 e 30/11 (30°C); também nos dias 08 e 17/11 com 31°C e 28/11, apresentando 32°C nos dois pontos. Nos demais dias, a Unesp registrou as temperaturas internas superiores entre os três pontos.

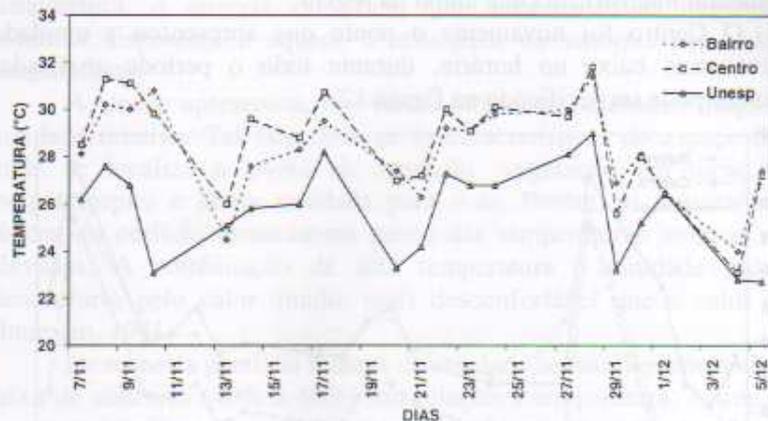


FIGURA 11. Temperatura externa às 21:00 h no centro, Unesp e bairro.

A máxima temperatura interna foi registrada na Unesp nos dias 23 e 24/11, com o valor de 33°C , a temperatura externa no local foi de $26,8^{\circ}\text{C}$ nos dois dias, com diferença de $6,2^{\circ}\text{C}$ da temperatura interna em relação à externa. Nota-se que nos dois dias as temperaturas externas foram iguais, e o edifício deu a mesma resposta, evidenciando a estabilidade atmosférica no período.

As temperaturas externas mais baixas foram observadas na Unesp durante todo o período, variando de $22,7^{\circ}\text{C}$ no dia 05/12, e 29°C no dia 28/11. Houve uma variação neste padrão no dia 13/11, quando o Bairro apresentou a temperatura externa mais baixa dos 3 pontos, com o valor de $24,5^{\circ}\text{C}$. Esse fato demonstra a conservação térmica das edificações, pois a Unesp localiza-se em um ponto com menor concentração de construções e maior presença de vegetação.

O Bairro e o Centro alternaram-se como o local de temperaturas externas mais altas do período. Porém, o Bairro apresentou as temperaturas externas superiores em apenas 2 dias: no dia 10/11 com $30,8^{\circ}\text{C}$; dia 20/11 com $27,4^{\circ}\text{C}$; 27/11 com 30°C e 04/12 com 24°C . Nos

demais dias, o Centro registrou as temperaturas externas mais altas. A temperatura externa máxima foi registrada dia 28/11 no Centro com o valor de 31,8°C, no Bairro a temperatura na ocasião foi de 31,4° e na Unesp de 29°C. Nota-se que a temperatura externa se encontrava elevada em todos os pontos, devido ao domínio de uma massa de ar Tropical Continental intensificada que atuou na região.

O Centro foi novamente o ponto que apresentou a umidade relativa mais baixa no horário, durante todo o período analisado, conforme pode ser verificado na figura 12.

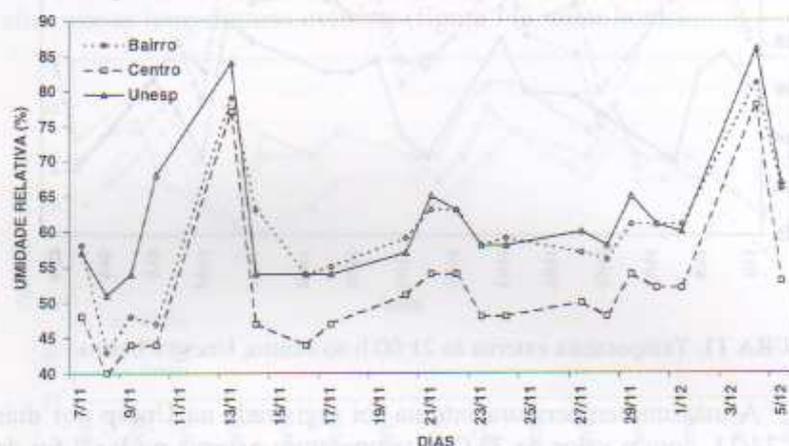


FIGURA 12. Umidade relativa às 21:00 h no centro, Unesp e bairro.

A mínima umidade relativa foi registrada no Centro no dia 09/11 com o índice de 40%. O Bairro registrou na ocasião 43%, e a Unesp 51%.

O Bairro e a Unesp configuraram-se como os locais mais úmidos neste horário, alternando-se nos dias como o local de maior umidade relativa. O máximo índice de umidade relativa do período foi registrado na Unesp no dia 04/12, com o valor de 86%.

A análise dos dados mostra a influência da estrutura urbana nos índices de temperatura e umidade da atmosfera sobre a cidade. Consta-se a relação direta entre a estrutura urbana, a sucessão de tipos de tempo e a edificação enquanto abrigo para o homem, na conformação das condições para o conforto térmico.

O Centro apresentou-se, durante todo o período da coleta de

dados, como o ponto com os índices mais baixos de umidade relativa, devido as suas características de área densamente urbanizada, com ausência de vegetação que acarreta, como já foi comentado, na diminuição de água disponível para evaporação, e conseqüente diminuição da umidade relativa, o que influencia também na temperatura. A energia calorífica, que seria usada na evaporação, continua disponível e aquece a atmosfera no entorno, elevando as temperaturas.

A Unesp apresentou, em vários momentos, elevados índices de umidade relativa. Tal fato deve-se às características do espaço físico onde se localiza o ponto de medição: vegetação em torno, que evapotranspira e libera umidade para o ar. Porém, as características físicas do edifício tornaram-no ponto das temperaturas internas mais elevadas. A combinação de alta temperatura e umidade provoca desconforto pelo calor úmido, mais desconfortável que o calor seco (Jauregui, 1991).

De maneira geral, os índices de umidade se mantiveram dentro da faixa de conforto (40% a 60%) em relação à temperatura. A umidade apresentou índices mais altos no período da manhã, e em combinação com as temperaturas amenas permaneceu dentro da faixa de conforto.

Além das características físicas locais, a entrada de sistemas frontais também contribui para a elevação da umidade relativa. Como pode ser observado nas figuras 10, 13, 16 e 19 nos dias 13/11 e 04/12 a passagem de uma frente fez com que a umidade relativa dos três pontos se elevasse significativamente.

O Bairro configurou-se como o local que mais se aproximou das condições de conforto, com as temperaturas internas e externas, em geral, mais baixas dos três pontos. A umidade relativa, neste ponto, também apresentou índices análogos aos índices de conforto apresentados na literatura.

A temperatura externa esteve mais alta na Unesp no período da manhã que nos demais pontos, provavelmente, devido à sua menor perda radiativa no período da madrugada, se comparada às perdas do centro e o bairro, com materiais que perdem rapidamente a radiação absorvida durante o dia, ao contrário das superfícies vegetadas no entorno da Unesp.

A temperatura externa esteve mais alta no Centro nos horários das 12:00, das 15:00 e 21:00 h.

As 12:00 h ainda observou-se alternância entre a Unesp e o Centro, mas à medida que a radiação direta aumenta, as características dos materiais urbanos provocam elevação da temperatura externa e, às 15:00 h, o Centro configura-se como o local com as temperaturas externas mais elevadas e umidade mais baixa.

Às 21:00 h a Unesp apresentou as temperaturas externas mais baixas em relação aos demais pontos, e o Centro e o Bairro alternam-se nas temperaturas externas mais altas do horário. Tal fato pode ser associado novamente ao uso do solo, pois o Centro e o Bairro apresentam alta densidade de construções, que armazenam calor durante o dia, liberando-o através da radiação de ondas longas à noite, aquecendo o ar no entorno. A Unesp, com baixa densidade de construções e significativa área vegetada, sofre menos a influência desse processo.

Aplicação do índice de temperatura efetiva

O índice de temperatura efetiva é considerado como um dos índices de conforto térmico mais aceitos e de mais simples aplicação.

Neste trabalho aplicou-se o índice de temperatura efetiva de Thom (1959):

$$TE = 0,4.(T_s + T_u) + 4,8$$

onde:

TE é a temperatura efetiva,

T_s é a temperatura do termômetro de bulbo seco e

T_u é a temperatura do termômetro de bulbo úmido.

Thom considera o valor da TE de 18,9°C a 25,6°C como a faixa de conforto, sendo que uma TE de 18,9°C ou abaixo é considerada como condição de *stress* ao frio e 25,6°C ou acima significa *stress* ao calor.

A tabela 1 traz as sensações do corpo humano a diferentes valores de temperatura efetiva.

Foram usados os valores da temperatura interna para o cálculo da temperatura efetiva, assim sendo, as temperaturas referem-se ao interior dos edifícios.

TABELA 1. Temperatura efetiva e sensações térmicas.

Temperatura efetiva	Sensação		Reposta Física
	Térmica	Conforto	
40°C	muito quente	muito incômodo	Problemas de regulação
35°C	quente		Aumento da tensão, por transpiração e aumento do fluxo sanguíneo
30°C	temperado		Regulação normal por transpiração e troca vascular
25°C	neutro	cômodo	Regulação vascular
20°C	ligeiramente fresco	ligeiramente cômodo	Aumento das perdas por calor seco
15°C	frio	incômodo	Vaso-constricção nas mãos e pés
10°C	muito frio		Estremecimento

Fonte: García (1995).

A figura 13 mostra os valores calculados das temperaturas efetivas para o horário das 9:00 h nos três pontos de coleta.

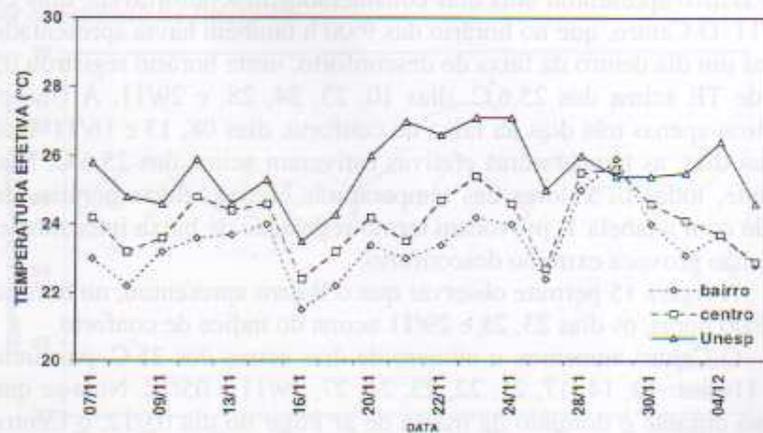


FIGURA 13. Temperatura efetiva às nove horas.

Observando-se os resultados, constata-se que o Bairro e o Centro

apresentaram apenas o dia 29/11 como de temperatura efetiva fora da faixa de conforto. A Unesp, porém, apresentou valores de TE considerados desconfortáveis nos dias 07, 10, 20, 21, 22, 23, 24, 28/11 e 04/12, no horário das 9:00 h.

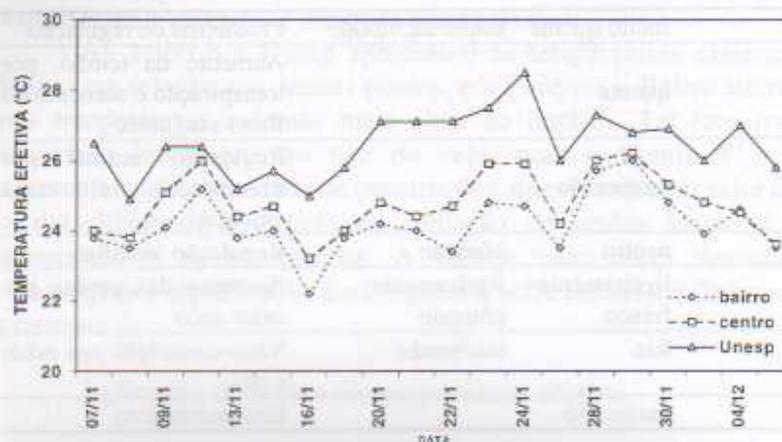


FIGURA 14. Temperatura efetiva às doze horas.

No horário das 12:00 h, conforme pode ser observado na figura 14, o Bairro apresentou dois dias considerados desconfortáveis, dias 28 e 29/11. O Centro, que no horário das 9:00 h também havia apresentado apenas um dia dentro da faixa de desconforto, neste horário registrou 05 dias de TE acima dos 25,6°C: dias 10, 23, 24, 28, e 29/11. A Unesp, registrou apenas três dias na faixa de conforto, dias 08, 13 e 16/11. Nos demais dias, as temperaturas efetivas estiveram acima dos 25,6°C. Não obstante, todos os valores das temperaturas efetivas deste horário, de acordo com a tabela 1, provocam termo-regulação de baixa intensidade, o que não provoca extremo desconforto.

A figura 15 permite observar que o Bairro apresentou, no horário da 15:00 horas, os dias 23, 28 e 29/11 acima do índice de conforto.

O Centro aumentou o número de dias acima dos 25°C, passando para 11 dias: 10, 14, 17, 21, 22, 23, 24, 27, 29/11 e 05/12. Nota-se que mesmo durante o domínio da massa de ar Polar no dia 05/12, o Centro apresentou valores acima do índice de conforto.

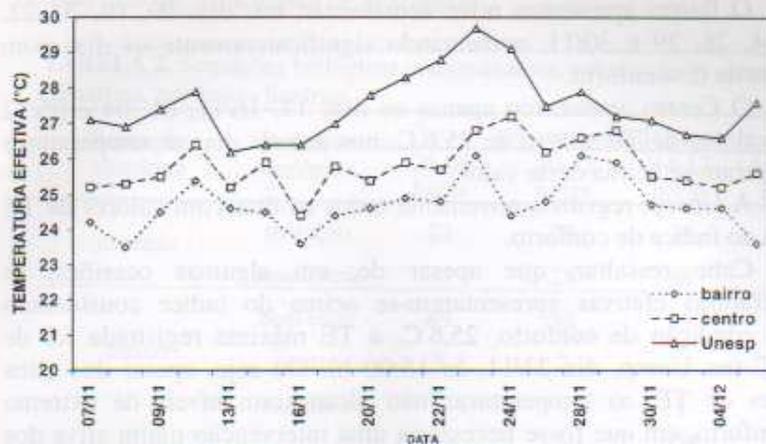


FIGURA 15. Temperatura efetiva às quinze horas.

Em contrapartida, a Unesp registrou todos os dias valores de desconforto, mas ainda abaixo do valor de $TE = 30^{\circ}C$.

No horário das 21:00 horas, fica evidente a conservação de calor pelas edificações, pois ao contrário dos demais horários, aumentou o número de dias com valores fora do índice de conforto, conforme pode ser constatado na figura 16.

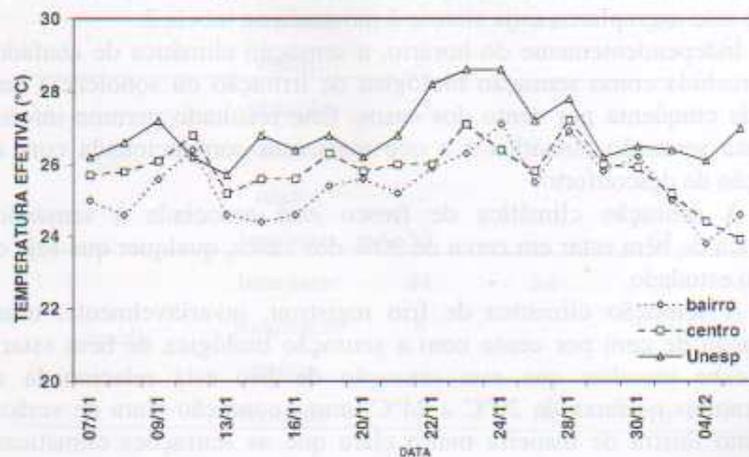


FIGURA 16. Temperatura efetiva às vinte e uma horas.

O Bairro apresentou nove ocorrências, nos dias 09, 10, 20, 22, 23, 24, 28, 29 e 30/11, aumentando significativamente os dias com índices de desconforto.

O Centro apresentou apenas os dias 13, 16/11, 01, 04 e 05/12 com valores de TE abaixo de 25,6°C, nos demais dias as temperaturas registraram-se acima deste valor.

A Unesp, registrou novamente todos os dias com valores de TE acima do índice de conforto.

Cabe ressaltar, que apesar de, em algumas ocasiões, as temperaturas efetivas apresentarem-se acima do índice considerado como condição de conforto, 25,6°C, a TE máxima registrada foi de 29,7°C (na Unesp, dia 23/11, às 15:00 h). Ou seja, apesar dos altos valores de TE, as temperaturas não alcançaram níveis de extremo desconforto, em que fosse necessária uma intervenção muito ativa dos mecanismos de termo-regulação. Durante o período analisado, as TE demonstraram que os níveis de desconforto foram leves, exigindo apenas leves termo-regulações.

Análise dos questionários

Os questionários elaborados para este estudo foram distribuídos em um total de quarenta exemplares e foram retornados para análise vinte e sete exemplares, cuja síntese é mostrada na tabela 2.

Independentemente do horário, a sensação climática de abafado foi percebida como sensação biológica de irritação ou sonolência em mais de cinquenta por cento dos casos. Este resultado permite inferir que esta sensação climática é a que mais está correlacionada com a condição de desconforto.

A sensação climática de fresco está associada à sensação biológica de bem estar em cerca de 90% dos casos, qualquer que seja o horário estudado.

A sensação climática de frio registrou, invariavelmente, uma correlação de cem por cento com a sensação biológica de bem estar. Aqui cabe ressaltar que esta sensação de frio está relacionada a temperaturas na faixa de 20°C a 24°C, numa condição clara de verão. Este fato ilustra de maneira muito clara que as sensações climáticas estão ligadas à percepção, posto que estas respostas estão inseridas em um contexto de atuação de uma massa de ar polar após a residência, por

vários dias, de uma massa de ar tropical.

TABELA 2. Sensações biológicas predominantes, em relação às sensações climáticas, por faixas horárias.

Sensação climática	Sensação biológica	percentagem de casos			
		06-09 horas	10-13 horas	14-17 horas	Após 18 horas
abafado	irritação	27	28	29	20
	sonolência	35	28	38	34
fresco	bem estar	89	98	85	88
	neutro	5	2	-	6
	calafrios	-	-	3	-
frio	bem estar	100	100	sem resposta	sem resposta
	sonolência	40	30	41	-
Muito quente	irritação	-	25	23	33
	falta de ar	40	-	-	22
	sonolência	32	17	32	37
quente	irritação	11	-	-	-
	bem estar	-	41	29	-
	neutro	-	-	-	11
seco	irritação	25	-	-	-
	sonolência	-	-	-	100
	neutro	-	-	33	-
	bem estar	50	-	67	-
úmido	bem estar	84	84	74	85
	sonolência	8	-	-	5
	neutro	-	-	-	-
	irritação	-	16	16	-

As respostas mais presentes para a sensação climática de muito quente foram as sensações biológicas de sonolência, falta de ar e irritação, na faixa de sessenta por cento das respostas. Nos períodos mais quentes do dia, há uma predominância características de respostas de muito quente associada às sensações biológicas de sonolência e irritação. Nos períodos do dia com temperaturas mais amenas, há uma presença marcante da sensação biológica de falta de ar relacionada com a sensação climática de muito quente.

As considerações acima permitem inferir que a sensação climática de muito quente também está, seguramente, relacionada com a condição de desconforto.

Para a sensação climática de quente, as respostas de sensações biológicas associadas foram mais indefinidas, variando entre bem estar, neutro, sonolência e irritação. As respostas de bem estar aparecem nos horários mais quentes do dia, mostrando uma faceta da percepção onde as pessoas supõem que seja normal ser quente nestes horários, quando o desconforto estará associado à sensação climática de muito quente.

As respostas sobre as sensações biológicas relacionadas com a sensação climática de seco foram predominantemente associadas a bem estar e sonolência. Contudo as respostas de sonolência ocorreram no período noturno, o que pode estar associado ao ciclo biológico. Este tipo de comportamento não mostra características de desconforto.

A sensação climática de úmido foi intimamente relacionada com a sensação biológica de bem estar (em torno de 80 por cento dos casos). Na análise das respostas ficou patente que a sensação climática de úmido estava ligada às condições de temperaturas amenas. Quando as temperaturas eram elevadas as respostas tendiam muito mais para o abafado.

A tabela 3 mostra que, no período estudado (07/11 a 05/12/2000), as respostas predominantes, na faixa horária 6:00-9:00 h, foram para a sensação climática de fresco, com 66 por cento das respostas, corroborando a nossa percepção de que o período da manhã é, na maioria do tempo, um período fresco.

Esta tabela também mostra as faixas horárias 10:00-13:00 h e 14:00-17:00 h, apresentando a sensação climática de quente com a maioria das respostas, em torno de 50 por cento. Isto configura um padrão considerado normal, principalmente em Presidente Prudente onde, no verão, quase invariavelmente, as tardes apresentam

temperaturas elevadas.

Na faixa horária após as 18:00 h, há uma indefinição entre as sensações climáticas de quente e fresco, com respostas em torno de 36 a 39 por cento. Este tipo de indefinição nas respostas pode estar associado ao horário em que foram dadas as respostas: as pessoas poderiam responder os questionários a partir das 18:00 horas, o que implica em respostas distintas para questionários respondidos em horários distintos (por exemplo: a resposta das 18:00 h pode ser bem diferente da resposta das 21:00 h).

TABELA 3. Percentagem das respostas sobre as sensações climáticas, por faixa horária.

Sensação climática	das 6:00 as 9:00 h	das 10:00 as 13:00 h	das 14:00 as 17:00 h	após as 18:00 h
Abafado	6	11	15	13
Fresco	66	25	11	39
Frio	2	0	0	0
Muito quente	1	7	16	3
Quente	19	50	52	36
Seco	1	0	1	1
Úmido	5	7	5	7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O espaço urbano, hoje, representa a forma mais radical de atuação antrópica na paisagem e, a população citadina sente os impactos da falta de planejamento da intervenção humana no meio.

Foi constatado neste estudo, realizado em uma situação de verão, que o Centro, área densamente construída, intensamente ocupada e com elevados índices de calor gerado pelas atividades antrópicas, apresentou-se, de maneira geral com menores valores de umidade e temperaturas externas mais elevadas que o Bairro e a Unesp, que contam com a presença de vegetação.

Reitera-se, portanto, a importância da vegetação no planejamento urbano, que no caso de Presidente Prudente, pode contribuir para o

balanço de umidade e amenizar as altas temperaturas que ocorrem na região.

Os índices de temperatura interna também mostram que é necessária a reavaliação dos padrões de construção para a cidade. Os materiais usados, armazenam calor durante o dia, liberando-o através da radiação de ondas longas à noite, aquecendo o ar interno da edificação, gerando desconforto, como mostra o índice de temperatura efetiva, que apresentou o maior índice de dias com desconforto no período noturno. Fica evidente, que em construções mais precárias o desconforto é maior, em virtude do material usado, e, portanto a parcela que mais sofre com o desconforto térmico é a população de baixa renda. Em um país com a diversidade de materiais naturais, como é o caso do Brasil, a pesquisa poderia apontar para novos materiais construtivos, melhores adaptados às especificidades das condições tropicais e a custos baixos.

As temperaturas internas encontram-se relacionadas às temperaturas externas, portanto, o planejamento dos espaços coletivos é de fundamental importância para o conforto térmico em geral.

As respostas aos questionários apontam que a principal sensação climática relacionada ao desconforto no verão é a de "abafado", que combina alta temperatura e alta umidade.

A sensação climática quente, contrariando a hipótese inicial, não foi relacionada ao desconforto pleno, provavelmente, caracterizando a aclimação dos prudentinos às temperaturas elevadas, sendo a sensação biológica de desconforto mais relacionada ao quente e ao muito quente, que foi a sonolência, o que indica a atuação da termólise (mecanismo termo-regulador que baixa o metabolismo).

O úmido, apontado como sensação climática de conforto, esteve relacionado às temperaturas amenas no período da manhã ou nos dias de domínio da massa de ar Polar, que reduz a temperatura.

A sensação climática de fresco também foi apontada como relacionada às condições de conforto. Houve, até mesmo, menção à sensação climática frio. Porém, pode ser observado através dos gráficos de temperatura que não houve situações de baixas temperaturas no período analisado, e o índice de temperatura efetiva não apontou para temperaturas relacionadas ao stress pelo frio. Pode-se inferir que este seja outro indício de aclimação ao calor. Porém, mesmo aclimatado, o organismo desencadeia os processos termorreguladores, que implicam em sobrecarga, mesmo que leve, para o sistema orgânico.

Pode-se concluir, a importância do planejamento urbano para propiciar condições de conforto térmico para a sociedade como um todo. As diretrizes do planejamento devem apontar para a regulamentação do uso e ocupação do solo visando o conforto térmico coletivo, pois o conforto térmico ainda pode ser "comprado", através do uso de aparelhos de ar condicionado e soluções construtivas individuais, e portanto, sendo a população de baixa renda a mais exposta aos riscos à saúde causados pelo desconforto térmico.

BIBLIOGRAFIA

- AMORIM, M.C.de C.T. *O Clima Urbano de Presidente Prudente/SP*. São Paulo, 2000, 374p. Tese (Doutorado em Geografia Física)- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP.
- BOLETIM CLIMATOLÓGICO. Presidente Prudente: Faculdade de Ciências e Tecnologia-UNESP, 1996, ano 01, n. 01.
- GARCÍA, FERNÁNDEZ F. *Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación*. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1995. 285p.
- JAUREGUI, E. O clima humano das cidades tropicais : um panorama. *Internacional Journal of Biometeorology* (1991) – 35:151-160
- JURCA, J., TOMMASELLI, J.T.G., As classificações climáticas como indicadores de anos secos ou úmidos. VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 1999. *Anais*. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.
- MONTEIRO C. A. de F. *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, 25).
- OLGYAY, V. *Design with Climate : Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New Jersey: Princeton University, 1963. 190p.
- THOM, E.C. "The discomfort index". *Weatherwise* (V). 1959. 2:57-60.