

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Departamento de Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

RENATA ABOUD BARBUGLI

**INFLUÊNCIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO NA DISTRIBUIÇÃO DAS
TEMPERATURAS DO AR EM ARARAQUARA/SP.**

SÃO CARLOS-SP
2004

RENATA ABOUD BARBUGLI

**INFLUÊNCIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO NA DISTRIBUIÇÃO DAS
TEMPERATURAS DO AR EM ARARAQUARA/SP.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de São Carlos, em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Área de concentração:
Sistemas Construtivos de edificações.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Roriz

**SÃO CARLOS/SP
2004**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

B241ia	<p>Barbugli, Renata Aboud. Influência do ambiente construído na distribuição das temperaturas do ar em Araraquara/SP / Renata Aboud Barbugli. -- São Carlos : UFSCar, 2004. 170 p.</p> <p>Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2004.</p> <p>1. Arquitetura e o meio ambiente. 2. Clima urbano. 3. Microclimas. 4. Conforto térmico. I. Título.</p>
<p>CDD: 720.47(20ª)</p>	

INFLUÊNCIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO NA
DISTRIBUIÇÃO DAS TEMPERATURAS DO AR EM
ARARAQUARA/SP

RENATA ABOUD BARBUGLI

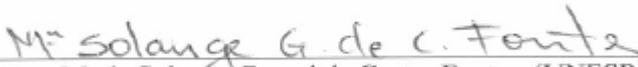
Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 30 de julho de 2004, pela Banca
Examinadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Mauricio Roriz (UFSCar)
(Orientador)



Profa. Dra. Denise Helena Silva Duarte (FAU-USP)
(Examinadora Externo)



Profa. Dra. Maria Solange Gurgel de Castro Fontes (UNESP-Bauru)
(Examinadora Externo)



Prof. Dr. Luiz Antônio Nigro Falcoski (UFSCar)
(Examinador Interno)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Maurício Roriz, pela dedicação e pelo profissionalismo do seu trabalho de orientação.

Ao CNPq pelo financiamento dos equipamentos HOBO, sem os quais não seria possível realizar os monitoramentos de campo.

A arquiteta Alessandra de Lima, que gentilmente cedeu as fotos aéreas do município de Araraquara.

A arquiteta Wilma Barbieri pelo auxílio nos primeiros monitoramentos de campo realizados;

Ao Prof. Dr. Luiz Antônio Nigro Falcoski, pelo convite em participar do projeto AURA, que estimulou o desenvolvimento deste trabalho.

A Prof^a. Dr^a. Rosana Maria Caram de Assis, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da USP de São Carlos, pelo empréstimo de alguns termômetros, durante uma das pesquisas de campo.

A Prof^a. Telma Cristina Pichioli de Carvalho e seus alunos, da disciplina de Conforto Térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIARA; Priscila, Kelen, Camila e Marcelo que auxiliaram uma das pesquisas de campo.

Ao Prof. Dr. Romeu Magnani, do Departamento de Química da Unesp de Araraquara, pelo auxílio na resolução dos problemas estatísticos.

Ao Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara, pela disponibilidade em fornecer as ortofotos da cidade de Araraquara.

Aos Professores e funcionários do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos.

Aos colegas arquitetos: Adriano Scatolin, Adriana Dias, Alessandra de Lima, Fábio Fotolan, Gustavo Rosa, Janice Nogueira de Franchisci, Ricardo Luiz Aufieri e Ricardo Soldan que deixaram de lado seus afazeres, se disponibilizando a participar de uma das pesquisas de campo.

Ao amigo, Vicente de Paula Silva, pela ajuda nos empréstimos entre bibliotecas da USP.

Ao amigo Anselmo João Calzolari Neto, pela ajuda nas correções de texto.

Ao amigo e colega de trabalho, Ricardo, pela compreensão e apoio.

Aos amigos, Werner, Cláudio e Paulinha por estarem sempre presente.

Aos familiares pelo apoio e compreensão.

A todas pessoas que, gentilmente, cederam suas residências para a instalação dos equipamentos HOBO.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da ocupação urbana nas variações de temperatura do ar em Araraquara, cidade média da região central do Estado de São Paulo.

Foram realizados monitoramentos de temperatura em locais representativos das diferentes tipologias de ocupação urbana da cidade de Araraquara. Os primeiros resultados obtidos demonstraram variações de até 6° C, em diferentes pontos da cidade. Além das medições, foram registrados em cada ponto, alguns dos parâmetros físicos teoricamente determinantes nas variações de temperatura do ar: altitude, ângulo de incidência dos raios solares ao meio-dia, índice de ocupação, proximidade de corpos d'água, número de habitantes por hectare e porcentagens de áreas asfaltadas, cimentadas, gramadas e arborizadas. A quantificação dos parâmetros de ocupação urbana foi obtida através de mapas topográficos e fotografias aéreas da cidade.

Utilizando a análise estatística de Cluster, os pontos foram agrupados em função das similaridades de seus parâmetros de ocupação urbana. Posteriormente, para cada agrupamento, realizaram-se análises de regressão linear múltipla, correlacionando os parâmetros térmicos com os parâmetros de ocupação urbana quantificados. Estas análises permitiram a elaboração de mapas térmicos representativos de dias típicos de verão e inverno.

A leitura dos mapas demonstrou diferenças significativas entre o perímetro urbano e as áreas mais densamente ocupadas. As menores amplitudes térmicas foram observadas na faixa de maior densidade urbana, evidenciando a ocorrência do fenômeno de inércia térmica urbana.

ABSTRACT

The central theme of this dissertation was to evaluate the influence of the urban occupation in the variations of air temperature in Araraquara, a medium size city in the central region of the State of Sao Paulo.

At first, temperature takings were made in places that are representative of the different tipologies of urban occupation in the city and the first results showed temperature variations up to 6°C in different places. Besides the measurements made in each of the places, some of the theoretically physical determining parameters of temperature variation were registered, such as: altitude, solar rays incidence angle at noon, roof area, vicinity to water, number of inhabitants per square meter and the percentage of paved, cemented, trees and grass areas. The quantification of the urban occupation design parameters was obtained through topographic maps and serial color orthophotography of the city area.

Using the Cluster statistical analysis, the different places were put together according to the similarities of its urban occupation design parameters. Then, for each of the groups, multiple linear regression analyses were made to relate the thermal parameters to the quantified urban occupation parameters. These analyses allowed the elaboration of representative thermal maps of the typical summer and winter days.

The observation of the maps showed significant differences between the urban perimeter and the intensely inhabited areas. The least thermal densities were observed in places of higher urban density, demonstrating, then, the occurrence of the urban thermal inertia.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 2.1: Foto da região central da cidade de Araraquara	22
--	----

Capítulo 3

Figura 3.1: Zoneamento Bioclimático do território Brasileiro (RORIZ, 1999)	24
Figura 3.2: Unidades Climáticas do Brasil (IBGE, 2000)	25
Figura 3.3: Escalas climáticas na área urbana (OKE, 1996)	30
Figura 3.4: Trocas térmicas entre a superfície e a atmosfera ao longo de 1 dia (OKE, 1996)	31
Figura 3.5: Balanço de energia no ambiente urbano (OKE, 1996)	35
Figura 3.6: Grau de Urbanização no Brasil (IBGE, 2000)	48
Figura 3.7: Influência do relevo no clima. Princípios bioclimáticos para o desenho Urbano. (ROMERO, 2001)	49
Figura 3.8: Influência da vegetação no clima. Princípios bioclimáticos para o desenho Urbano (ROMERO, 2001)	52

Capítulo 4

Figura 4.1: Conformação urbana em 1929 (LIMA, 2002)	61
Figura 4.2: Vista do Viaduto da Av. Barroso – Abaixo a Av. Maria A C. de Oliveira sobre o Córrego da Servidão (registro: 09/2003)	67
Figura 4.3: Ribeirão do Ouro nas proximidades da rodoviária municipal	69
Figura 4.4: Foto do Viaduto (Av. 22 de Agosto)	75
Figura 4.5: Vista da região central da cidade de Araraquara	75
Figura 4.6: Região urbana que se desenvolveu a oeste da ferrovia	76
Figura 4.7: Densidade demográfica. Número de habitantes por região censitária. IBGE (2000)	78
Figura 4.8: Localização da cidade de Araraquara no zoneamento bioclimático do Brasil. (RORIZ, 1999)	80
Figura 4.9: Relevo do estado de São Paulo (RORIZ, 1999)	81

Capítulo 5

Figura 5.1: Proteção contra radiação	90
Figura 5.2: Comparação entre diferentes tipologias de ocupação urbana	91
Figura 5.3: Localização dos pontos monitorados na malha urbana	92
Figura 5.4: Localização dos pontos 7, 8 e 9 na malha urbana	96
Figura 5.5: Total de pontos identificados na malha urbana	100
Figura 5.6: Imagem do raio de influência de cada ponto	101
Figura 5.7: Dados topográficos (cotas de 5 em 5 metros)	102
Figura 5.8: Representação gráfica do ângulo de incidência solar	103
Figura 5.9: Azimute da linha de maior declividade em cada ponto monitorado	104
Figura 5.10: Foto da Represa do DAAE (Departamento Autônomo de Água e Esgoto) de Araraquara	105
Figura 5.11: Distância dos 64 pontos aos corpos d'água	106
Figura 5.12: Esquema gráfico para o cálculo de Hab/ha feito a partir da Figura 4.7	107
Figura 5.13: Comparações qualitativas em agrupamento de pontos	108
Figura 5.14: Exemplo genérico de agrupamento em árvore hierárquica para 38 casos	109

Capítulo 6

Figura 6.1: Pontos agrupados por análise qualitativa	117
Figura 6.2: Diagrama de agrupamento do período de inverno	121

Figura 6.3: Diagrama de Cluster. Nível 3 de observação (inverno).....	125
Figura 6.4: Localização dos pontos e agrupamentos de inverno	127

Capítulo 7

Figura 7.1: Comparação entre os mapas de temperaturas máximas e mínimas (período de inverno).....	134
Figura 7.2: Análise de Cluster para período de inverno. Escala 8 de observação.....	135
Figura 7.3: Amplitudes térmicas no período de inverno	136
Figura 7.4: Temperaturas mínimas no período de inverno.....	137
Figura 7.5: Influência do relevo na variação de temperatura máxima (inverno).....	140
Figura 7.6: Influência do relevo e dos ventos predominantes na malha urbana	141
Figura 7.7: Influência do relevo e dos ventos predominantes na variação de temperatura mínima (inverno).....	142
Figura 7.8: Influência do relevo na variação de temperatura mínima.....	142

Anexos

Figura 9.1: Análise de Clusters. Período de verão. Escala 8	163
---	-----

LISTA DE TABELAS

Capítulo 3

Tabela 3.1: Componentes do balanço de energia em um ambiente urbano.....	34
Tabela 3.2: Cronologia dos Estudos sobre Clima urbano	38
Tabela 3.3: Calor específico e densidade dos materiais (RIVERO, 1985).....	50
Tabela 3.4: Temperaturas registradas em diferentes tipos de superfície (RIVERO, 1985)	53
Tabela 3.5: Estimativa do montante de energia dissipada anualmente na RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) pelas atividades humanas (AZEVEDO, 2001).....	57
Tabela 3.6: Comparações entre os fluxos de energia (AZEVEDO, 2001)	58

Capítulo 4

Tabela 4.1: População Urbana e Rural (LIMA, 2002 - Adaptado de Raia Junior, 1995).....	62
Tabela 4.2: Imagens do Ribeirão das Cruzes.....	68
Tabela 4.3: Região à leste da ferrovia. Altos da Vila Xavier. Araraquara/S.P.....	74
Tabela 4.4: Tipos de traçados identificados na malha urbana	77
Tabela 4.5: Normais climatológicas medidas no Aeroporto de Araraquara	83
Tabela 4.6: Normais climatológicas (NASA e Aeroporto)	84
Tabela 4.7: Ventos registrados no Aeroporto de Araraquara. Julho/2000 a Maio/2002 (entre 6 e 23 horas) (RORIZ - documento não publicado).....	85

Capítulo 5

Tabela 5.1: Instrumentos de aquisição de dados	89
Tabela 5.2: Período de monitoramento em cada grupo	91
Tabela 5.3: Locais e períodos de monitoramento.....	93
Tabela 5.4: Ponto 9 (Rua Maurício Galli).....	94
Tabela 5.5: Temperaturas mínimas registradas em cada dia para os pontos de 1 a 10.....	97
Tabela 5.6: Dia de Referência em cada período de monitoramento	98
Tabela 5.7: Cálculo da Variação de temperatura mínima com relação ao ponto 9.....	98
Tabela 5.8: Variação de Temperatura em relação ao ponto 9	99
Tabela 5.9: Tipos de superfícies identificadas.....	101
Tabela 5.10: Quantificação dos parâmetros de ocupação urbana através de leitura das cores	102
Tabela 5.11: Dados para o cálculo do ângulo de Incidência solar. N=1.....	103
Tabela 5.12: Exemplo de cálculo para obtenção de T _{min} (inverno) nos pontos não medidos	112
Tabela 5.13: Dados Climáticos históricos fornecidos pela NASA, para a cidade de Araraquara	114

Capítulo 6

Tabela 6.1: Pontos pertencentes ao Conjunto 1.....	118
Tabela 6.2: Pontos pertencentes ao Conjunto 2.....	118
Tabela 6.3: Pontos pertencentes ao Conjunto 3.....	119
Tabela 6.4: Pontos pertencentes ao Conjunto 4.....	120
Tabela 6.5: Agrupamentos resultantes. Análise de Clusters (inverno). Escala 8.....	122
Tabela 6.6: Parâmetros dos pontos pertencentes ao Agrupamento 2. Cluster (inverno).....	122
Tabela 6.7: Parâmetros utilizados na regressão Linear Múltipla (agrupamento 2. Inverno)	123
Tabela 6.8: Resultados obtidos. ΔT_{min} (Agrupamento 2)	123
Tabela 6.9: Valores de ΔT_{min} estimado e medido	124
Tabela 6.10: Resultados obtidos. ΔT_{max} (Agrupamento 2)	124
Tabela 6.11: Valores de ΔT_{max} estimados e medidos.....	124
Tabela 6.12: Equações resultantes, por regressão linear múltipla. Agrupamento 2. (inverno).....	125
Tabela 6.13: Agrupamentos resultantes. Escala 3 de observação.....	126

Tabela 6.14: Valores de temperatura nos 64 pontos para o período típico de inverno e verão	129
--	-----

Capítulo 7

Tabela 7.1: Comparação entre períodos de inverno e verão	143
--	-----

Anexos

Tabela 9.1: Parâmetros utilizados na regressão Linear Múltipla. Agrupamento 3.1 (inverno).....	157
Tabela 9.2: Resultados obtidos. ΔT_{min} (Agrupamento 3.1)	157
Tabela 9.3: Valores de ΔT_{min} estimados e medidos. Agrupamento 3.1 (inverno).....	158
Tabela 9.4: Resultados obtidos. ΔT_{max} (Agrupamento 3.1)	158
Tabela 9.5: Valores de ΔT_{max} estimados e medidos. Agrupamento 3.1 (inverno).....	158
Tabela 9.6: Parâmetros considerados na regressão linear múltipla. Agrupamento 3.4 (inverno)	159
Tabela 9.7: Resultados obtidos para ΔT_{min} .Agrupamento 3.4 (inverno)	159
Tabela 9.8: Valores de ΔT_{min} estimados e medidos. Agrupamento 3.4 (inverno)	159
Tabela 9.9: Resultados obtidos na regressão linear múltipla para ΔT_{max} . Agrupamento 3.4 (inverno)	160
Tabela 9.10: Valores de ΔT_{max} medidos e estimados. Agrupamento 3.4 (inverno).....	160
Tabela 9.11: Parâmetros considerados na regressão linear múltipla. Agrupamento 3.4 (inverno)	161
Tabela 9.12: Resultados obtidos na análise de regressão linear múltipla para ΔT_{min} . Agrupamento 3.5 (inverno)	161
Tabela 9.13: Valores de ΔT_{min} estimados e medidos. Agrupamento 3.5 (inverno)	161
Tabela 9.14: Resultados obtidos. Regressão linear múltipla para $\Delta T_{máx}$. Agrupamento 3.5 (inverno)	162
Tabela 9.15: Valores de ΔT_{max} medidos e estimados. Agrupamento 3.5 (inverno).....	162
Tabela 9.16: Agrupamentos resultantes. (verão).....	163
Tabela 9.17: Banco de dados pontos monitorados.....	165
Tabela 9.18: Banco de dados pontos não medidos.....	166

LISTA DE GRÁFICOS

Capítulo 4

Gráfico 4.1: Temperaturas Médias, Médias de Mínimas e Médias de Máximas (NASA e Aeroporto)..84

Capítulo 5

Gráfico 5.1: Comparação entre as temperaturas registradas no ponto de referencia (9) e no ponto 8, nos 10 dias monitorados95

Capítulo 6

Gráfico 6.1: Características Tipológicas conjunto 1 117

Gráfico 6.2: Características tipológicas do Conjunto 2 118

Gráfico 6.3: Características tipológicas do Conjunto 3 119

Gráfico 6.4: Características tipológicas do Conjunto 4 119

Gráfico 6.5: Características tipológicas do Grupo 5..... 120

Gráfico 6.6: Parâmetros predominantes em cada agrupamento 126

Capítulo 7

Gráfico 7.1: Parâmetros de ocupação urbana, identificados nos agrupamentos 3.1, 3.2, 3.4 e perímetro urbano 138

Gráfico 7.2: Presença de arborização e vegetação em distintas regiões da malha urbana de Araraquara (centro urbano x perímetro urbano) 139

SUMÁRIO

1. Introdução	14
2. Objetivos e justificativas	18
3. Revisão bibliográfica.....	23
3.1. O clima	23
3.2. O clima urbano.....	26
3.3. O balanço de energia no meio urbano.....	32
3.4. Abordagens sobre Clima Urbano.....	36
3.4.1. Cronologia dos principais estudos realizados e principais dificuldades deste ramo de pesquisa	36
3.4.2. Ilhas térmicas urbanas	41
3.4.3. Fatores condicionantes da bioclimatologia urbana.....	47
3.4.3.1. O relevo.....	49
3.4.3.2. A presença de água na cidade	50
3.4.3.3. A forma urbana.....	51
3.4.3.4. A presença de vegetação na cidade.....	52
3.4.3.5. A circulação de ar no meio urbano	55
3.4.3.6. O fluxo de calor gerado pelas atividades humanas	56
4. Caracterização do município de Araraquara	59
4.1. Aspectos econômicos e sociais.....	59
4.2. Aspectos do crescimento urbano.....	61
4.3. Novas diretrizes urbanas	63
4.4. Tipologias de ocupação urbana.....	66
4.4.1. O relevo e os rios	66
4.4.2. A forma urbana e padrões de uso e ocupação da cidade	72
4.4.3. Densidade de ocupação.....	78
4.4.4. Áreas verdes, praças e espaços de convívio.....	78
4.5. Aspectos climáticos da cidade de Araraquara.....	80
4.5.1. Macroclima	80
4.5.2. Mesoclima	82
4.5.3. Ventos predominantes	85
5. Método de trabalho.....	87
5.1. Etapa 1: Levantamento de dados	89
5.1.1. Parâmetros térmicos	89
5.1.1.1. Instrumentos.....	89
5.1.1.2. Definição dos locais monitorados	91
5.1.1.3. Leitura de dados de temperatura	94
5.1.1.4. Definição do “dia de referência” em cada monitoramento	97
5.1.2. Parâmetros de ocupação urbana.....	99
5.1.2.1. Índice de ocupação, superfícies pavimentadas, gramadas e arborizadas ...	101
5.1.2.2. Altitude	102
5.1.2.3. Ângulo de Incidência Solar	103
5.1.2.4. Proximidade de corpos d’água.....	104
5.1.2.5. Número de habitantes por hectare.....	106
5.2. Etapa 2: Análise de dados	108
5.2.1. Análise qualitativa	108

5.2.2. Análises quantitativas.....	109
5.2.2.1. Análise de Cluster	109
5.2.2.2. Análise de regressão linear múltipla	110
5.3. Etapa 3: Procedimento para a elaboração dos mapas de temperatura	111
5.3.1. Mapas para o dia típico de inverno	111
5.3.2. Mapas para o dia típico de verão	114
6. Resultados obtidos	116
6.1. Resultados obtidos nas análises qualitativas	116
6.2. Resultados obtidos nas análises quantitativas	121
6.2.1. Análise de Cluster para o período de inverno.....	121
6.2.2. Análise de regressão linear múltipla para ΔT_{\min} e ΔT_{\max}	123
6.3. Execução dos mapas térmicos	128
7. Análise dos resultados obtidos	133
7.1. Período de inverno.....	134
7.1.1. Indicação das principais diferenças no comportamento térmico do perímetro urbano em relação às áreas mais densamente ocupadas	134
7.1.2. Análise do comportamento térmico nas regiões mais densamente ocupadas	136
8. Considerações finais e propostas para novos estudos	145
Referências	148
Glossário de termos técnicos utilizados	152
Anexos.....	156
1. Anexo 1: Análises de regressão linear múltipla para os agrupamentos da escala 3 de observação. Período de inverno	157
2. Anexo 2: Análise de Cluster para o período de verão. Agrupamentos formados.....	163
3. Anexo 3: Tabelas de parâmetros térmicos e de ocupação urbana	165
4. Anexo 4: Tratamento gráfico sobre foto aérea nos 64 pontos da malha urbana	167

1. Introdução

Atualmente, em muitas cidades, a população convive com problemas de ordem funcional (infra-estrutura urbana) e ambiental (meio ambiente urbano) que afetam seu cotidiano e sua qualidade de vida.

Nos últimos anos, a questão dos impactos ambientais tornou-se uma preocupação mundial. A necessidade de soluções imediatas tem motivado as instituições governamentais, científicas e Ong's, a discutir e procurar novas estratégias de planejamento urbano, para que as cidades possam continuar a se desenvolver sem causar tantos prejuízos econômicos e sociais.

A poluição do ar e da água, o excesso de ruídos, a alteração no regime de chuvas, enchentes, ilhas de calor, inversão térmica e o lixo urbano, são exemplos dos problemas decorrentes da degradação do meio ambiente urbano.

Os processos de urbanização causam impactos ambientais, contrariando o próprio significado do termo "urbanizar". O termo "urbanizar" significa tornar urbano, civilizar, polir ⁽¹⁾. A palavra urbano vem de "urbes", que significa cidade. A cidade é, portanto, o espaço organizado para que as atividades humanas se desenvolvam.

Com certeza, ao construir e ocupar as cidades, o homem interfere significativamente no meio. No entanto, é a forma de ocupar as cidades que determina os efeitos causados no ambiente urbano. Neste processo, intervêm fatores econômicos, políticos e sociais.

¹ O dicionário Aurélio Buarque de Holanda Ferreira, 14^a. edição, p. 1431; traz os seguintes significados para o termo "urbanizar": Urbanizar. (Verbo transitivo direto) **1.** Tornar urbano. **2.** Civilizar, polir. Encontra-se também: **Urbe.** (do latim *urbe*). Substantivo Fem. **Cidade.**

A medida que a cidade cresce, configuram-se novos núcleos urbanos afastados do centro, expandindo as regiões periféricas da cidade. A forma urbana é determinada por ações de interesses públicos e privados. Nesta dinâmica, a valorização do solo urbano pela especulação imobiliária, estimula os processos de segregação econômica e social. Assim, são as parcelas mais empobrecidas da população que mais sofrem as conseqüências dos impactos ambientais urbanos.

Dentre os aspectos ambientais, as alterações climáticas são um dos temas mais importantes a serem abordados. As conseqüências das alterações climáticas no ambiente urbano não se restringem apenas ao desconforto criado. Apresentam graves efeitos econômicos e sociais, uma vez que os vários fenômenos passam a ocorrer simultaneamente. Nas cidades, o uso de pavimentação em lugar do solo natural, a grande densidade de ocupação e a diminuição de áreas verdes modificam o balanço de energia alterando as trocas térmicas entre a superfície e o meio. Esta alteração térmica pode interferir nos níveis de precipitação de chuvas que, em alguns casos, levará a ocorrência de enchentes.

Segundo Lombardo (1985, pg. 15),

Fenômenos inter-relacionados, como ilhas de calor, poluição do ar, chuvas intensas, inundações e desabamentos, passam a fazer parte do cotidiano urbano, sobrepondo mais um fenômeno aos demais, fazendo com que a população se defronte com essa natureza alterada e conviva diariamente com os problemas dela decorrentes.

Neste sentido, Lombardo avalia que a solução dos problemas ambientais exige mudanças de ordem técnica (científica), políticas (governamentais) e econômicas, pois a degradação é onerosa e resvala em interesses de uma minoria da população que detém grande parcela do território urbano.

Assim, os estudos dos fenômenos climáticos relacionados ao ambiente urbano e a edificação podem auxiliar a implementação de projetos, que minimizem

os impactos negativos causados pela inadequação do ambiente construído ao meio. No entanto, embora o estudo do clima seja uma ciência de fundamental importância para o planejamento urbano e para a construção, observa-se que nas últimas décadas a atividade de projeto tem se desenvolvido sem atribuir a devida importância aos aspectos ambientais.

De acordo com Gonzáles (2001, p.5),

Mejorar la calidad de vida en la ciudad significa, entre otras cosas, mejorar la calidad ambiental de su arquitectura y de su espacio urbano. Si entendemos que una "buena arquitectura" (sin adjetivos) es aquella que atiende los requerimientos funcionales, técnicos y económicos, al tiempo que las inquietudes sociales y estéticas, y lo hace sabiendo interpretar el medio ambiente, adaptándose e integrándose a él, para proveer la calidad ambiental necesaria de forma natural o energética eficiente, entonces, la arquitectura de nuestras ciudades puede ir transformándose en buena arquitectura en la medida que los diferentes actores que hacemos ciudad, no solamente estemos conscientes de la problemática, sino que, actuemos en consecuencia.

Para Gonzáles (2001), as causas desta situação podem ser resumidas em três principais aspectos:

- Sociais e econômicas: combinação de problemas de pobreza urbana somada a deficiência de políticas governamentais frente à situação de marginalidade em que vive grande parte da população urbana, trazendo como consequência à invasão de terras e o crescimento não planejado das cidades;
- Normativas: falta de exigências que regulamentem a conservação e eficiência energética, melhorando as condições de habitabilidade dos edifícios;
- Acadêmicas: deficiente preparação dos profissionais que atuam na atividade de projeto e a tendência do projetista em orientar o projeto apenas sobre os pontos de vista estéticos ou formais,

desconsiderando aspectos funcionais, ambientais, técnicos e econômicos.

Como consequência, a somatória destes fatores reflete na qualidade de vida nas cidades, além de um aumento do custo econômico para a manutenção das edificações, sobretudo em função do aumento de consumo de energia.

É com base nestes questionamentos que se justifica o desenvolvimento deste trabalho. Parece inquestionável que novas estratégias de planejamento urbano devam ser criadas, a fim de que as cidades possam continuar a se desenvolver de maneira sustentável. Portanto, para que os problemas sejam resolvidos, é preciso que os ambientes urbanos sejam estudados profundamente, a fim de que sejam implementadas propostas concretas no campo do planejamento urbano e da edificação.

Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar a influência do ambiente construído na distribuição das temperaturas do ar, através da realização de monitoramentos de temperaturas em locais representativos das diferentes tipologias de ocupação urbana em Araraquara.

2. Objetivos e justificativas

O monitoramento de dados climáticos nas cidades brasileiras se configura como uma tarefa de extrema importância, originando diagnósticos que podem direcionar os processos de gestão e planejamento das cidades. Os desmembramentos do estudo do clima urbano no setor de construção de edifícios são inúmeros e interferem não só em aspectos projetuais e construtivos, mas na análise de problemas referentes ao uso e manutenção de edifícios, em específico às questões referentes ao conforto ambiental e ao consumo de energia.

Neste sentido, a ausência de dados climáticos medidos na malha urbana é um fato preocupante. A maior parte das cidades brasileiras não possui estes dados e quando muito, utilizam parâmetros climáticos monitorados por aeroportos ou estações meteorológicas localizadas no perímetro urbano. Estes dados, como se pode constatar, apresentam diferenças significativas em relação a outras regiões da malha urbana, principalmente as mais densamente ocupadas.

A iniciativa de estudar o clima urbano da cidade de Araraquara partiu de uma solicitação da prefeitura do município. Em 2002, a Prefeitura Municipal, como parte dos trabalhos de reestruturação de seu plano diretor, firmou um convênio com três universidades do município e da região (UFSCar, UNESP e UNIARA) para a elaboração de um inventário urbano, denominado “AURA” (Atlas Urbano da cidade de Araraquara).

Assim como ocorreu nas cidades de Recife e Porto Alegre, os resultados finais do projeto AURA também deveriam originar um Atlas da cidade de Araraquara.

Em parceria com o Prof. Dr. Maurício Roriz, foram iniciados os trabalhos que deveriam resultar no capítulo sobre o clima de Araraquara e que fariam parte do

inventário final do Projeto AURA. Durante o desenvolvimento dos trabalhos iniciais, a principal dificuldade encontrada foi a ausência de dados de temperatura, uma vez que a cidade de Araraquara não possui um sistema regular de medição de temperatura.

O levantamento de dados climáticos da cidade deu-se, portanto, através de medições pontuais no tecido urbano, comparando-as, primeiramente, com as medições realizadas pelo aeroporto municipal e por estações meteorológicas de empresas privadas situadas nas áreas perimetrais da cidade.

Foram realizados 5 grupos de medidas em meses representativos de verão e inverno, totalizando 41 locais monitorados. Em cada local, as temperaturas foram medidas durante 10 dias consecutivos.

As primeiras leituras de temperatura demonstraram diferenças entre a área urbana e seu entorno imediato, com variações térmicas de até 6°C em diferentes pontos da cidade. Esta constatação preliminar estimulou o aprofundamento dos estudos que resultaram nesta pesquisa.

Infelizmente, os dados disponíveis pelo aeroporto municipal continham registros medidos entre 6:00 e 23:00hs, referentes apenas aos 3 últimos anos. Isto dificultaria a determinação de padrões de temperaturas típicas para os períodos de inverno e verão. Por outro lado, havia pouca confiabilidade nos dados registrados pelas empresas privadas.

Assim, numa etapa mais avançada do estudo, optou-se pela utilização de médias históricas fornecidas pela N.A.S.A (National Aeronautics and Space Administration), baseadas em dados de 30 anos de observação (1961 a 1990).

Para avaliar a influência da ocupação urbana na variação de temperatura foram levantados dados de altitude, índices de ocupação (I.Ocup.), número de

habitantes por hectare (Hab/ha), área pavimentada, presença de vegetação (arbórea e rasteira), proximidade de corpos d'água e ângulo de incidência solar em um raio determinado ao redor de cada ponto.

Através da correlação entre estes parâmetros e os dados de temperatura foi possível gerar um mapeamento das distribuições de temperatura no tecido urbano, para dias típicos de inverno e verão.

Trabalhou-se com dois métodos estatísticos. A análise de Clusters foi utilizada para que os locais monitorados fossem agrupados em função de suas similaridades. Posteriormente, para cada agrupamento foram realizadas análises de regressão linear múltipla utilizando os valores de temperatura registrados e os diversos parâmetros de ocupação urbana, teoricamente determinantes nas variações climáticas.

Tomando-se os valores de temperatura registrados pela N.A.S.A. obteve-se a temperatura "típica" para os meses de inverno e verão. A partir destes dados, calculou-se um fator de ajuste que foi aplicado aos valores de temperaturas medidas e estimadas. Para a obtenção dos mapas de temperatura, utilizou-se o método de interpolação de dados desenvolvido por RORIZ (1999).

Esta pesquisa restringe-se a avaliar a distribuição das temperaturas do ar na área urbana de Araraquara. Alguns aspectos de igual relevância para o estudo do clima urbano, tais como: a velocidade e direção dos ventos predominantes na área urbana de Araraquara, bem como os dados referentes à umidade do ar, não foram aprofundados neste estudo. A justificativa para este fato atribui-se, principalmente, a ausência de aparelhos para realizar as medições e ao pouco tempo disponível para a realização do trabalho.

Assim, este trabalho segue a seguinte estrutura:

O capítulo 3 traz a revisão bibliográfica.

O capítulo 4 trata da caracterização da área de estudo. Reúne dados bibliográficos e cartográficos sobre o município para a definição da área de estudo. Traz também uma análise qualitativa das diversas tipologias de ocupação urbana, que foi fundamental para a elaboração dos registros de campo e definição dos locais a serem monitorados. Nestes capítulos são também apresentados os aspectos do macroclima e mesoclima do município de Araraquara.

Os capítulos 5 e 6 apresentam o método utilizado e os resultados obtidos, respectivamente. Já o capítulo 7 mostra a discussão e conclusão em relação aos resultados obtidos. Por fim, o capítulo 8 evidencia as considerações finais e propostas para novos estudos.

O objetivo geral desta pesquisa foi, através da compreensão dos fenômenos envolvidos, identificar de quais formas a ocupação urbana intervém nas variações de temperatura. Assim os desmembramentos deste estudo na prática profissional poderão viabilizar:

- O estabelecimento de diretrizes de planejamento urbano, através de zoneamentos bioclimáticos da cidade, resultando em espaços urbanos mais confortáveis e com melhor qualidade de vida;
- O estabelecimento de zonas de conforto urbanas;
- A elaboração de diretrizes projetuais que possibilitem construções mais adequadas ao meio, resultando na melhor qualidade dos edifícios, e conseqüentemente, melhor conforto para os usuários.

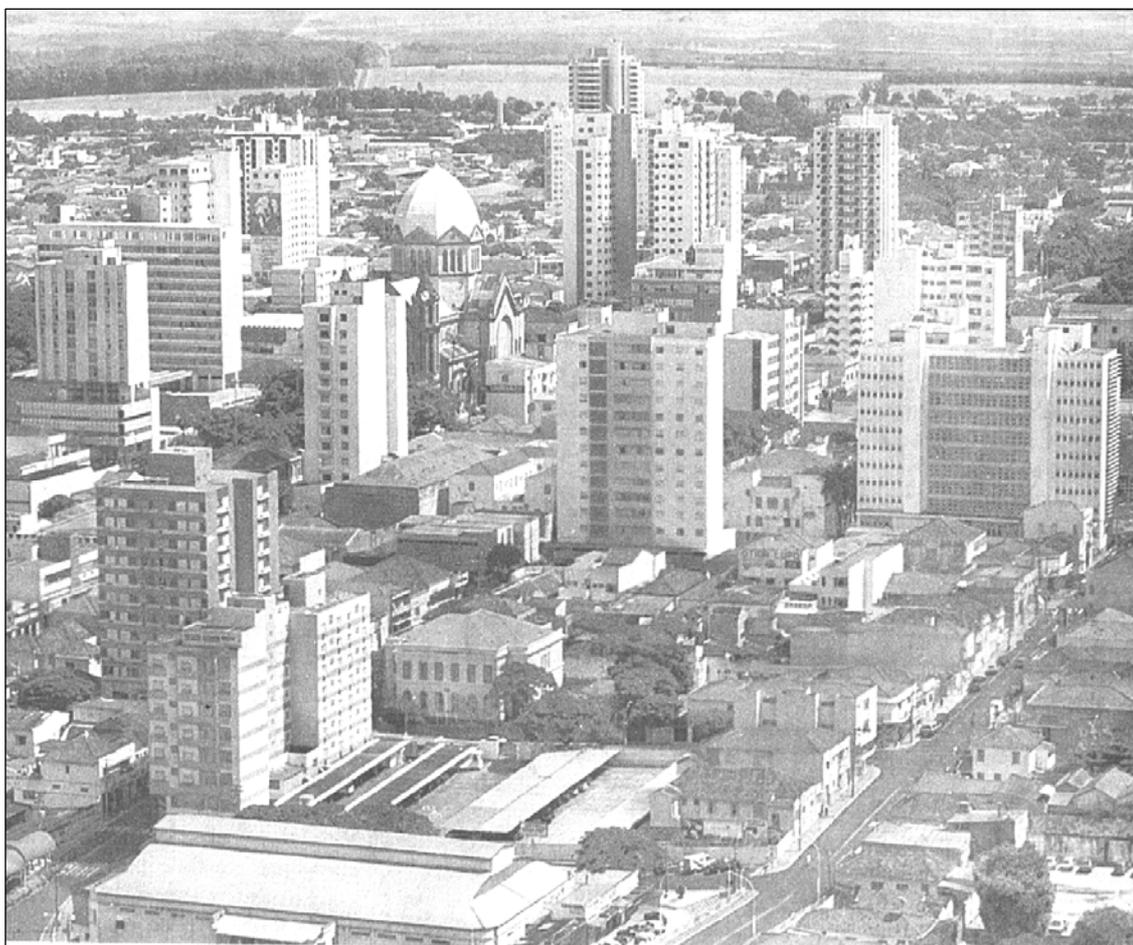


Figura 2.1: Foto da região central da cidade de Araraquara

3. Revisão bibliográfica

3.1 O clima

O ramo da ciência que se dedica ao estudo do “tempo” chama-se meteorologia. A partir da revolução industrial, quando o fator “tempo” se tornou fundamental para o desenvolvimento econômico, este ramo da ciência começou a ser estudado profundamente e seu estudo foi estabelecido através de bases científicas. Começaram a ser utilizados termos padronizados, aplicados aos fatores medidos por instrumentos e especificados numericamente.

Segundo Rivero (1985, p.69), “entende-se por clima o conjunto de fenômenos meteorológicos que definem a atmosfera de um lugar determinado”. De forma simplificada, os climas são classificados de acordo com suas características mais gerais. Assim o clima pode ser: clima tropical úmido, clima tropical seco, clima sub-tropical, clima temperado e outros.

Roriz, Lamberts e Ghisi, desenvolveram em 1999, um zoneamento bioclimático do território brasileiro. Esta classificação foi realizada a partir das normais climatológicas das principais cidades brasileiras, ou seja, a temperatura típica para cada mês do ano extraída de uma base de dados de 30 anos de medições.

A figura 3.1 mostra as oito zonas bioclimáticas resultantes. Os números junto à legenda indicam as percentagens territoriais correspondentes a cada clima. A zona 8 corresponde ao clima quente e úmido que ocupa 53,7% do país, englobando a região amazônica e o litoral nordeste. A região mais fria (zona 1) fica ao sul e representa apenas 0,8%.

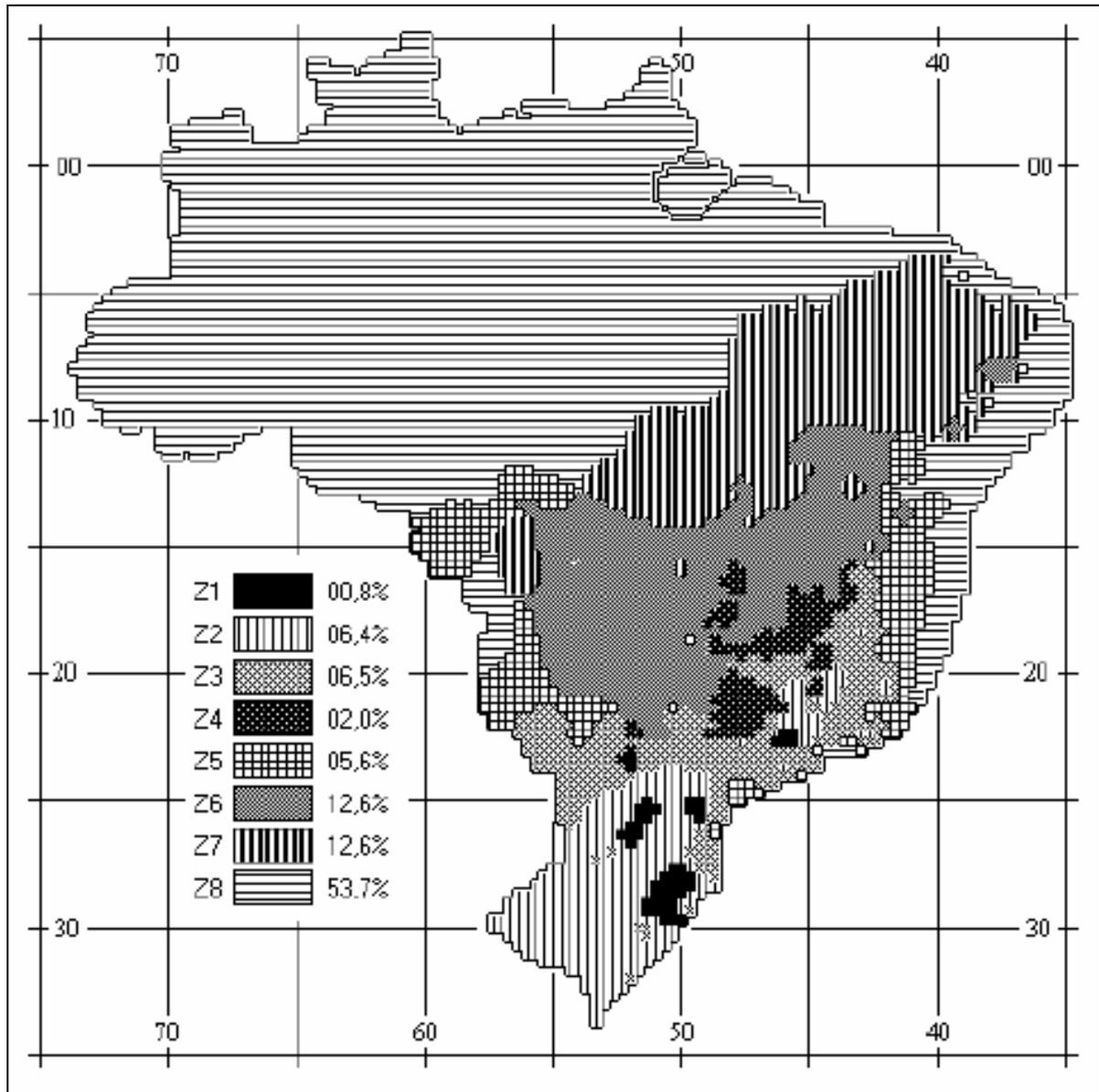


Figura 3.1: Zoneamento Bioclimático do território Brasileiro (RORIZ, 1999).

O mapa abaixo apresenta as unidades climáticas do Brasil, segundo a classificação do IBGE.

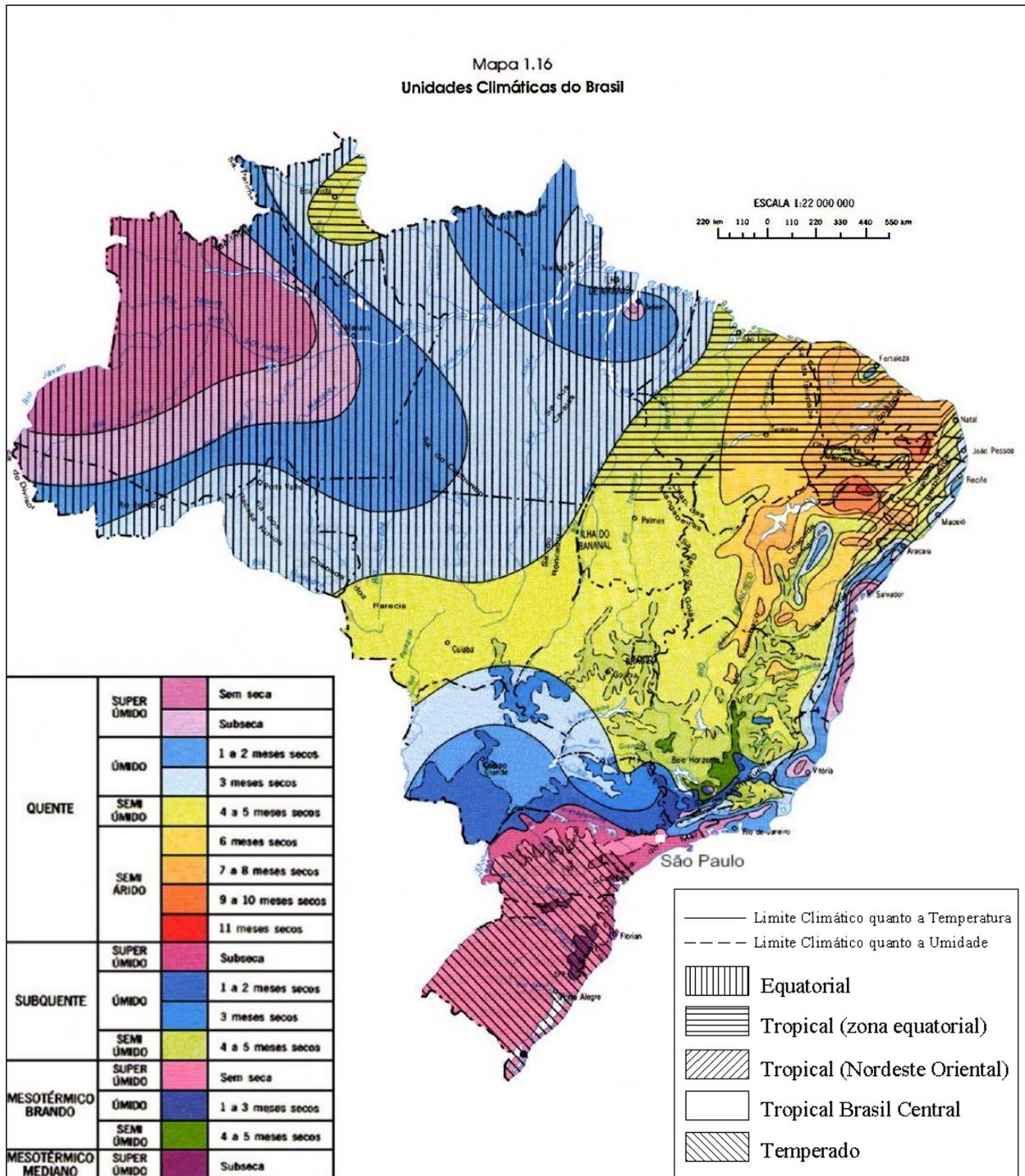


Figura 3.2: Unidades climáticas do Brasil (IBGE, 2000).

3.2 O clima urbano

Seja qual for a classificação climática de uma região, há dentro dela, infinitas variações. Assim, os fenômenos climáticos na área urbana e o resultado da ocupação urbana sobre o clima, motivou a criação de um ramo específico da climatologia denominado Climatologia Urbana.

No Brasil, os modelos teóricos sobre o clima urbano desenvolveram-se principalmente durante as décadas de 60 e 70. A partir deste período, vários esforços foram feitos no sentido de aproximar a visão clássica de físicos e meteorologistas da questão ambiental urbana, evidenciando os aspectos antrópicos (ocupação urbana e as atividades humanas) e sua relação com as variações climáticas na cidade.

Segundo Tarifa (2002), a maior parte dos trabalhos desenvolvidos nas áreas urbanas, concentravam-se em avaliar aspectos referentes à ocorrência de chuvas e poluição do ar. Esta visão não considerava que a vida das pessoas na cidade sofre a influência, por exemplo, da qualidade do ar e do conforto térmico. “A mudança na forma de analisar o problema era necessária também porque há períodos do dia em que as atividades dos moradores pesam mais que o relevo para definir a temperatura em uma região específica num determinado horário⁽²⁾”.

De acordo com Tarifa (2001, p. 12), no início dos anos 70, o princípio norteador do programa de pesquisas desenvolvidos pelo laboratório de Estudos Geográficos do Clima da USP era o conceito de ritmo, proposto por Sorre (1934): “O clima é a série de estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual”.

² Comentário do Prof. Dr. José Roberto Tarifa publicado na Revista FAPESP em Abril de 2002.

Este conceito estabeleceu a noção de ritmo climático como uma das características essenciais do clima. Durante a década de 60, o conceito de ritmo proposto por Sorre, foi empregado e desenvolvido por Monteiro tendo como área principal de estudo o Estado de São Paulo. O trabalho desenvolvido por Monteiro para a abordagem do clima urbano foi baseado na teoria geral dos sistemas de Bertalanffy e organizado a partir de canais de percepção humana. Para Monteiro, o clima urbano deve ser descrito como um sistema que abrange um determinado espaço terrestre e sua urbanização. Considera ainda que, o Sistema Clima Urbano (S.C.U.) é um sistema aberto e dinâmico e suas inter-relações podem ser apreendidas através de três canais de percepção: o termodinâmico (conforto térmico); o físico-químico (qualidade do ar) e o hidro-meteorológico (impacto meteórico) (MONTEIRO, 1976).

Esta visão leva em conta que, os efeitos causados pela energia que penetra na atmosfera da cidade estão diretamente relacionados com as formas de ocupação urbana. Assim, dependendo da configuração espacial existente, haverá distintos efeitos de reflexão, absorção e armazenamento térmico, bem como resultados de atrito na ventilação e outros. Segundo Assis (2000), este trabalho trouxe uma grande contribuição para o estudo da climatologia urbana, pois parte do princípio de que o homem deve constituir sempre o referencial das questões geográficas e, portanto, aproxima a visão científica de meteorologistas, arquitetos e climatologistas.

A mudança de escala, passando dos estudos dos climas regionais para o nível urbano, criou novas necessidades técnicas e metodológicas. De acordo com Tarifa (2001, p.25),

Desde os primeiros trabalhos de campo efetuados em cidades, a representatividade do ponto de observação e sua extensão no espaço se tornaram um problema quase intangível e assim permanece. A necessidade de conhecer como se movimentam e como se transformam as propriedades do ar (calor, luz e composição) nos espaços da escala humana, onde

(respirar, trabalhar, habitar) se reproduz a vida enquanto totalidade é um fato de importância inquestionável.

Em suma, pode-se dizer que embora o estudo da climatologia urbana agregue profissionais de vários ramos científicos (geografia, urbanismo, física e meteorologia) fica evidente o consenso de que os fatores antrópicos (crescimento urbano, ocupação urbana e as atividades humanas) interferem nas alterações climáticas na cidade.

Assim, a climatologia urbana busca descrever as transformações climáticas que ocorrem na atmosfera da cidade, caracterizando padrões climáticos para cada época ou estação do ano. Os fenômenos climáticos devem levar em conta seus elementos constituintes – temperatura, chuvas, ventos, radiação solar, bem como as características bioclimáticas (meio ambiente urbano) e urbanas (fatores antrópicos).

Em geral, climas urbanos são mais aquecidos e menos ventilados que as áreas rurais. No entanto, a modificação dos climas urbanos é altamente variável. As variações climáticas no ambiente urbano não ocorrem de forma homogênea, tal como não são homogêneas as tipologias de ocupação nas cidades. Essas alterações climáticas podem ser observadas em diferentes escalas climáticas (distância horizontal) e limites da camada atmosférica (distância vertical). A classificação das escalas climáticas possibilita o maior entendimento e desenvolvimento de métodos adequados de diagnóstico do clima. Por exemplo: ao analisar as diferenças climáticas entre o centro urbano de uma cidade e seu entorno, trabalha-se em uma escala diferente do que na análise da influência de um conjunto de edifícios, em um determinado bairro da cidade.

De acordo com a revisão bibliográfica de Assis (2000), esta dificuldade de definição do clima urbano em função das escalas climáticas já era discutida por

Monteiro (1976, p. 107) por considerar que a cidade é um ambiente heterogêneo e com distintas ordens de grandeza. “[...] normalmente, o clima urbano tem sido apontado [...] como um clima local modificado. Mas a metrópole pode ultrapassar esse limite, enquanto a megalópole se amplia no regional”.

De modo geral, as escalas climáticas urbanas (distância horizontal) podem ser classificadas das seguintes formas:

1- Escala macroclimática. Equivale ao clima regional. Este clima é decorrente, sobretudo, da formação topográfica e da latitude. Recebe influência das massas térmicas, que, além de suas características originais, durante sua trajetória recebem influência de outras massas térmicas e do mar. Estes dados normalmente são fornecidos por estações meteorológicas e descrevem o clima genérico de um estado ou de um país, com detalhes de insolação, nebulosidade, precipitações, temperatura e umidade;

2- Escala mesoclimática. Equivale ao clima local. Nesta escala, trabalha-se com dados de 30 anos de médias climáticas e com parâmetros da evolução urbana. Em geral, estes dados são fornecidos por estações meteorológicas ou aeroportos localizados no perímetro da malha urbana;

3- Escala microclimática. Equivale à camada mais próxima do solo. Os estudos microclimáticos comparam o comportamento do clima em diferentes pontos do tecido urbano. Nesta escala, trabalha-se com dados diários e horários durante um período de tempo de um episódio típico de verão e de um episódio típico de inverno.

Partindo da definição de Camada Limite Atmosférica, Oke (1976), propôs uma divisão neste conceito, definindo: a camada urbana ao nível das coberturas (Urban Canopy Layer – UCL), que se estende desde o solo até aproximadamente o

nível médio das coberturas das edificações e a camada limite urbana (Urban Boundary Layer – UBL) que se configura como uma camada limite mesoclimática.

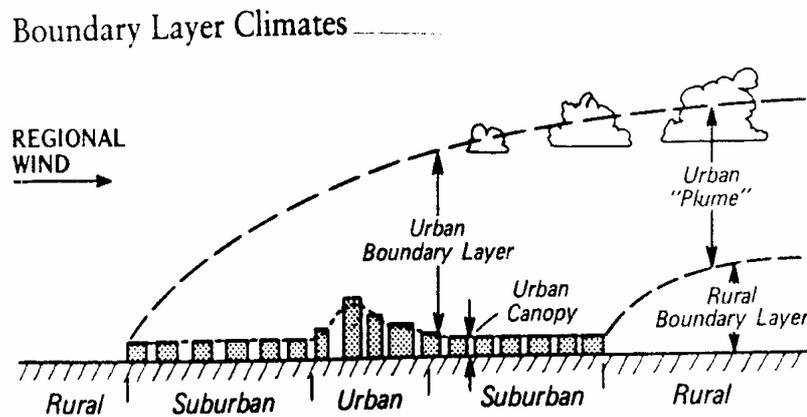


Figura 3.3: Escalas climáticas na área urbana (OKE, 1996).

Enquanto a camada limite urbana é um fenômeno de escala mesoclimática, cujas características são determinadas parcialmente pela presença da malha urbana; a camada de cobertura urbana é governada por processos de microescala, presentes nas ruas (canyons) entre as edificações.

Assim, a classificação de Oke supõe dois tipos de interpretação sobre as variações climáticas na atmosfera urbana. Primeiro a influência causada pelo ambiente construído sobre o clima local e segundo a influência da cidade sobre o clima regional.

Segundo Oke (1996), as camadas de influência intra-urbana e limite urbana apresentam extensões variadas no tempo (duração) e no espaço (distância vertical), que se alteram em função do ciclo solar diário. Em uma situação ideal, durante o dia, haverá transferência de calor para cima em direção a atmosfera mais fria. A noite, há uma transferência de calor para baixo, já que a superfície da terra

esfria mais rapidamente que a atmosfera⁽³⁾. A figura 3.4 ilustra as trocas térmicas entre a superfície e a atmosfera, ao longo de 1 dia.

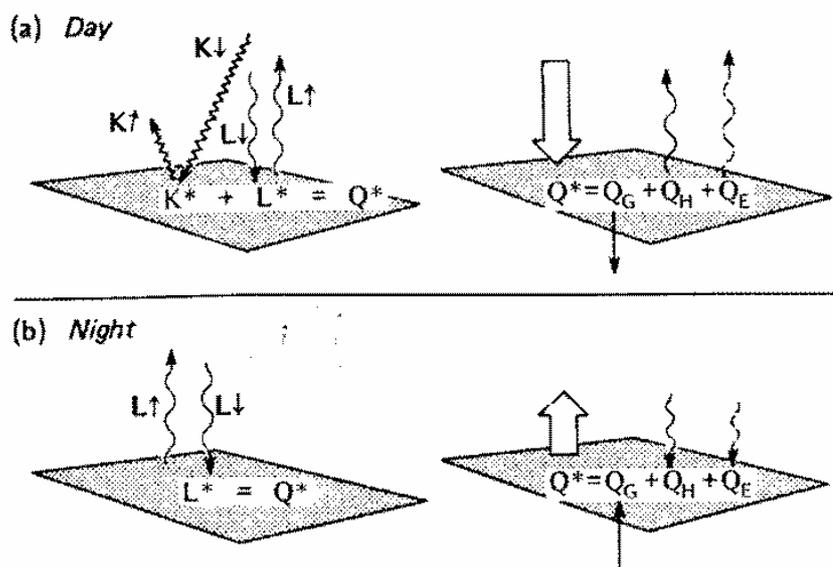


Figura 3.4: Trocas térmicas entre a superfície e a atmosfera ao longo de 1 dia (OKE, 1996).

A compreensão dos fenômenos térmicos e escalas climáticas é fundamental para o estudo dos climas urbanos. Os fatores que intervêm preponderantemente neste estudo são: a radiação solar, a temperatura, a umidade e a velocidade do ar.

De acordo com Rivero (1985, p.69),

Nos diferentes lados de uma elevação, por exemplo, as quantidades de radiação solar incidente e a velocidade do vento são distintas. Os parâmetros registrados no centro de uma cidade não são iguais aos de sua periferia devido às propriedades térmicas dos materiais de construção. Se avançarmos na nossa análise, devemos concordar que uma simples árvore, somente com sua sombra está criando vários microclimas [...].

O desafio é, portanto, diagnosticar até que ponto estas variações térmicas influenciarão na concepção da cidade e no tratamento dos edifícios. O clima urbano e suas variantes devem ser estudados de forma aprofundada em cada cidade.

³ Oke define os limites da camada atmosférica em aproximadamente 1 Km (distância vertical) e 50 km (distância horizontal). Durante o dia a altura da camada limite pode se estender para 1 a 2 Km. À noite, a camada limite, pode reduzir-se a menos de 100m⁶.

Somente assim, torna-se possível o desenvolvimento de técnicas adequadas para o planejamento urbano e para as edificações. Caso contrário, corre-se o risco de importar-se tecnologias e soluções inadequadas à realidade local que resultarão insuficientes e antieconômicas.

3.3 O balanço de energia no meio urbano.

A partir dos primeiros estudos climáticos que constataram diferenças entre o ambiente urbano e seu entorno, foram desenvolvidos vários trabalhos científicos sobre os fluxos de energia em ambientes urbanizados, que permitiram uma maior caracterização da superfície atmosférica das cidades.

Há muitos fatores que determinam as diferenças entre o ambiente urbano e o rural. No contexto da cidade, a geometria urbana, a grande quantidade de materiais de construção, as cores e os revestimentos, a diminuição da quantidade de áreas verdes e a liberação de calor antropogênico (calor gerado pelo homem e suas atividades) têm influência significativa sobre os processos de absorção de energia e liberação de calor.

Normalmente, os ambientes urbanos estão mais aquecidos antes do amanhecer do que os ambientes rurais. Isto ocorre, pois durante a noite, estes ambientes resfriam-se a uma velocidade mais lenta, devido a sua maior capacidade em absorver e armazenar o calor, reduzindo a sua eficiência de resfriamento. Antes do pôr do sol, os ambientes rurais esfriam-se rapidamente e formam o orvalho. Com a elevação do sol, nas áreas rurais, a energia solar é utilizada para evaporar o orvalho, enquanto aquece o ambiente urbano imediatamente. Durante o dia os ambientes rurais aquecem-se mais rapidamente que os ambientes urbanos devido a sua pouca capacidade de armazenar calor. Deve-se levar em conta que nos

ambientes rurais a grande extensão de áreas verdes (árvores, grama e plantações) tem um papel fundamental no balanço de energia, pois grande parte da energia é utilizada para realizar os processos de fotossíntese e evaporação de água.

Os raios solares, ao penetrarem na atmosfera e incidir sobre os gases e moléculas que a compõem, sofrem processos de absorção, reflexão e difusão. Estes fenômenos modificam a qualidade de radiação direta em função da camada atmosférica que deve atravessar.

Quando a luz solar incide sobre uma superfície, uma parte da radiação incidente é refletida (albedo = α) e o restante é absorvido ou transmitido. As superfícies claras apresentam alto albedo. Quanto menor o albedo, maior a quantidade de energia absorvida, aumentando-se a temperatura superficial da superfície e liberando mais calor ao meio externo. Nas cidades, o aumento da radiação de ondas longas e a maior capacidade de armazenamento de calor são fatores influenciam significativamente o aquecimento do ar.

De acordo com Lombardo (1985, p. 25),

A radiação solar que entra na cidade é menor devido a grande quantidade de aerossóis. No entanto, ocorre um aumento da radiação emitida pela cidade, no espectro de ondas longas, causada por temperaturas de superfície mais elevadas, como o concreto, tijolos, asfalto e outros materiais de construção. Em condições principalmente de calmaria, em que há poucas trocas turbulenta, grande parte da energia irradiada volta a construção urbana através da reemissão radiativa de onda longa pela atmosfera.

O balanço térmico no ambiente urbano é resultado dos fluxos de energia entre as superfícies, os volumes (construções) e o ar. Constitui-se como a fração da energia radiante absorvida na superfície da terra originando fluxos de calor que controlam o clima da superfície e que dependem de fatores como a umidade, as propriedades térmicas das superfícies, a estabilidade atmosférica, etc.

De forma a identificar os processos que determinam as alterações microclimáticas, vários modelos de balanço energético e simulação têm sido usados.

Estes modelos dividem-se em: modelos matemáticos, modelos físicos e métodos empíricos.

Os modelos matemáticos são muito utilizados, pois auxiliam o entendimento dos processos atmosféricos, a previsão de fenômenos e se constituem como uma alternativa aos trabalhos de campo para a complementação e obtenção de dados.

Os modelos físicos em escala (maquetes) auxiliam o estudo dos ventos na área urbana e o estudo da geometria urbana. Já os métodos empíricos utilizam algoritmos estatísticos aplicados a bases de dados climáticos urbanos.

O balanço de energia e a distribuição dos fluxos de calor foram estudados em Vancouver, pelo grupo de trabalho do Prof. T.R. Oke. Durante o período de 1980/81, Oke pesquisou os valores de radiação líquida na cidade, obtendo parâmetros para estimar valores de calor armazenado. O modelo de Nunez & Oke (1980) para estimar o balanço superficial de energia ao longo do dia numa área urbana, baseou-se em medições de campo, considerando uma situação onde a radiação é o fator predominante (céu claro, sem nuvens).⁽⁴⁾

$$Q^* + Q_F = \Delta Q_S + \Delta Q_A + Q_H + Q_E \quad (1)$$

Onde:

Tabela 3.1 – Componentes do balanço de energia em um ambiente urbano

Q^* = Fluxo de radiação líquida, em função do albedo, da energia solar difusa e direta, da radiação infravermelha emitida pelo topo da camada intraurbana e da densidade de fluxo infravermelho da atmosfera.
Q_F = Fluxo de calor antropogênico (homem e suas atividades)
ΔQ_S = Densidade de fluxo de armazenamento de energia na camada intra-urbana e o solo.
ΔQ_A = Advecção líquida. Movimento horizontal na atmosfera.
Q_H = Fluxo de calor sensível.
Q_E = Fluxo de calor latente.

⁴. Os estudos desenvolvidos por OKE (1980/81) são descritos na Revisão Bibliográfica de vários autores: Assis (2000), Barbirato (1998). A Bibliografia referenciada apresenta a fonte direta das publicações de OKE (1980/81) e Nunez & Oke (1980).

A figura 3.5 representa esquematicamente os fluxos de energia envolvidos no balanço de energia urbano, idealizado por Oke.

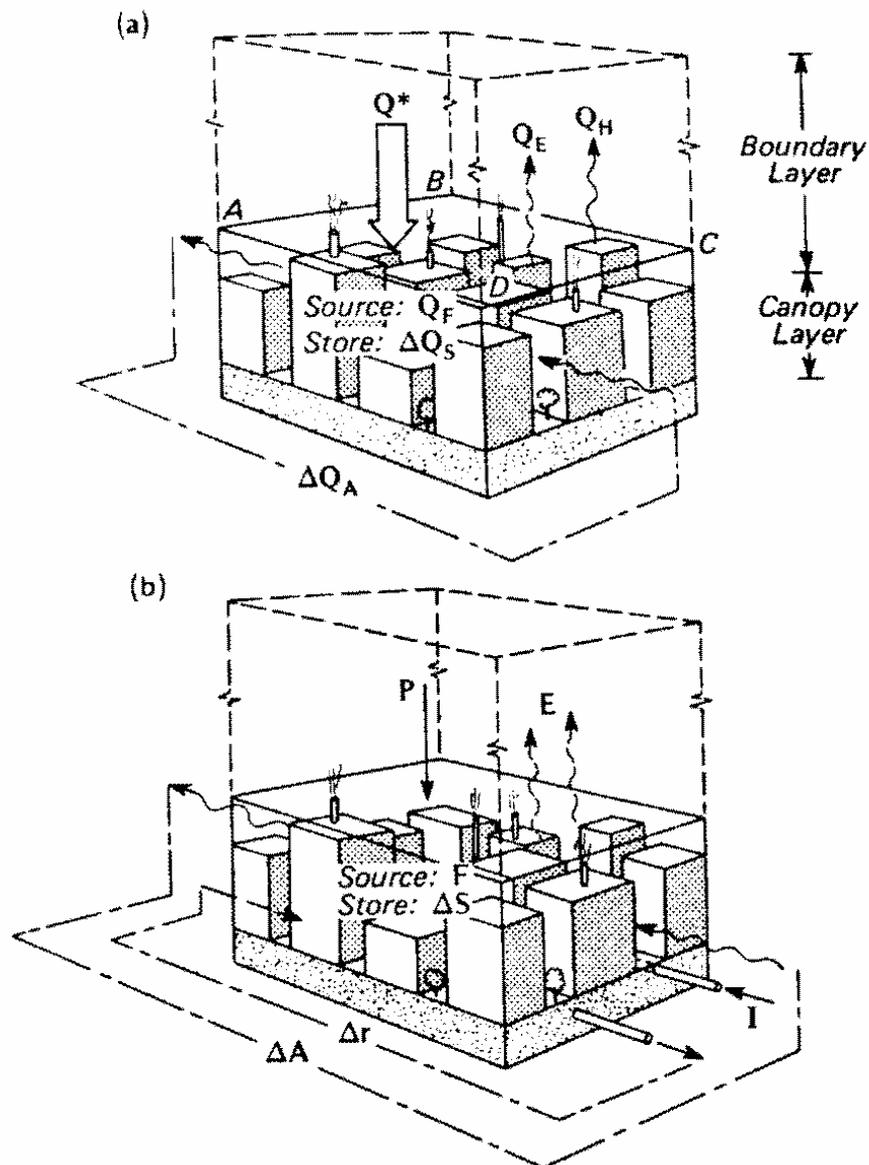


Figura 3.5: Balanço de energia no ambiente urbano (OKE, 1996).

3.4. Abordagens sobre Clima Urbano

3.4.1 Cronologia dos principais estudos realizados e principais dificuldades deste ramo de pesquisa

A percepção das diferenças térmicas entre a cidade e a área rural vem desde a época dos Romanos. Os escritos de Marcus Vitruvius (75-26 AC) feitos para as cidades romanas são detalhados e corretos sob a ótica das ciências atuais.

Os primeiros estudos sobre clima urbano foram realizados em Londres. Em 1661, constatou-se que a poluição produzida pela queima de carvão provocava alterações na temperatura da cidade.

Em 1833, em Londres, Luke Howard analisou os contrastes meteorológicos entre a metrópole e seu entorno.

Após a segunda Guerra Mundial, ocorreu um crescimento significativo das cidades e um aumento da industrialização, intensificando-se os estudos sobre clima urbano nas cidades da Europa Ocidental e depois da América do Norte.

Na década de 70, a OMM (Organização Meteorológica Mundial) incentivou os estudos sobre Climatologia urbana, publicando as revisões de literatura sobre o tema nos trabalhos de Chandler (1970), Oke (1974), Chandler (1976) e Oke (1979). Neste mesmo período, destacou-se o programa METROMEX (Metropolitan Meteorological Experiment), que abordou a climatologia urbana teórica e de modelagem da atmosfera urbana, reunidos em Landsberg (1981).

Segundo Oke (1982) até 1970 os estudos sobre clima urbano eram mais descritivos sobre os fenômenos climáticos e suas inter-relações. Após esta data as investigações neste campo de estudo passaram a ser mais orientadas para a aplicação metodológica teórica e quantitativa.

Oke (1973), apresentou um modelo que relaciona a intensidade da ilha urbana de calor à densidade populacional, aplicado a cidades Europeias e Norte Americanas. Mais tarde em 1981, demonstrou que a geometria urbana, bem como as propriedades térmicas das superfícies têm maior influência do que o vento e a densidade da população. De acordo com Assis (2000, p. 17), o trabalho de Oke, consolida a inter-relação entre clima urbano com o uso e ocupação do solo "[...] o clima da cidade é produto fundamentalmente de um fenômeno de transformação de energia a partir da interação entre o ar atmosférico e o ambiente urbano construído".

O autor apresentou um novo modelo que relaciona a intensidade da ilha de calor com o fator de céu visível ou com a relação H/W (altura/ largura) nos canyons urbanos.

Na década de 80, os trabalhos sobre climatologia urbana voltaram-se ao estudo das áreas tropicais, abordando questões referentes ao crescimento populacional, a degradação do meio ambiente e à qualidade de vida.

Segundo Duarte (2000), destacam-se neste período, os trabalhos desenvolvidos por Bitan (1984), em conjunto com Assif, para a publicação de um Atlas de Planejamento climático para Israel. O mapeamento divide a região em áreas climáticas homogêneas.

Em 1988, em outra publicação, desenvolveu princípios metodológicos para aplicação de dados climáticos integrados aplicados a diferentes níveis de planejamento, do projeto urbano ao edifício.

Durante o período de 1990/91, fez um estudo de reabilitação climática para uma cidade histórica de clima quente e árido, em Israel, de acordo com Duarte (2000, p.41),

[...] este trabalho é parte do desenvolvimento de um plano geral para a cidade, buscando reintegrar o projeto adequado ao clima em todos [...] os níveis: na escala urbana, na escala dos bairros e dos edifícios. O autor

conclui que as principais estratégias são a redução da radiação solar, o aumento do albedo e sombreamento com árvores de copas largas dos dois lados das ruas e em parques, playgrounds e praças públicas, ou ainda com arcadas, pérgolas e centros comerciais cobertos.

A tabela 3.2 apresenta cronologicamente os trabalhos desenvolvidos durante a década de 60 e 80:

**Tabela 3.2: Cronologia dos Estudos sobre Clima urbano.
Adaptado de Lombardo (1985)**

Ano	Autor	Local	Descrição do estudo realizado
1661	Evelyn	Londres	Queima de carvão x aumento de temperatura
1833	Howard	Londres	Contrastes meteorológicos entre campo e cidade.
1956	Kratzer	EUA	Ilha de calor x poluição atmosférica.
1957	Shitara	Japão	Padrões de temperatura em Hiroshima,
1958	Shepard	N.Y.	Perda noturna da radiação de onda longa, por uma camada de neblina, era capaz de resfriar o ar acima da camada por vários graus, produzindo uma camada de inversão superior, quando a inversão se situa a uma certa altura da superfície.
1964	kayane	Tóquio	Mudanças históricas de temperatura.
1964	Fukui	Japão	Diferenças de temperatura entre o centro urbano e a periferia.
1965	Landsberg	Chicago	Clima das cidades.
1965	Chandler	Londres	Avalia a Cidade como um elemento transformador do clima, produzindo efeitos de aumento de temperatura e precipitação, bem como modificações de ventilação e umidade. Destaca também as alterações provocadas na atmosfera e na concentração de poluentes.
1967	Lowry	Metrópoles	Alterações do clima causadas pela urbanização
1968	Bornstein	EUA	Estudo da ilha de calor em NY.
1969	Myrup	Califórnia	Definição de parâmetros mais importantes na determinação da ilha de calor: redução da evaporação, aumento da rugosidade e propriedades térmicas dos edifícios.
1972	Norwine	Chicago.	Padrão de temperatura de um complexo de lojas.
1973	Sanderson et alli	Detroit	Clima de Detroit - Windsor. Diferenças entre meio urbano e rural.
1973	Bergstron	Metrópoles	Efeito dos poluentes gasosos e particulados da atmosfera urbana em relação à distribuição da temperatura na camada limite urbana. As simulações mostram que poluentes aerossóis reduzem o fluxo radiante na superfície, assim como a temperatura diurna. A edição do calor solar devido aos poluentes faz com que a atmosfera seja um pouco mais quente em altitudes elevadas.
1973	Clarke and Peterson	St. Louis	Análises de regressão para relacionar temperatura, uso do solo e variáveis meteorológicas.
1976	Cech et alli	Texas	Investigação da ilha de calor em Houston, Texas. Foram obtidas informações de temperatura e umidade, relacionadas com o uso do solo urbano. Através de mapas, utilizou-se a técnica de computador para detectar as trocas antropogênicas nas características microclimáticas da área. Evidenciou-se uma correspondência rígida entre padrões de uso e áreas de levadas temperaturas.

1978	Eriksen	Hanover	Estudou a ilha de calor em Hanover no dia 13/08/1979 e fez associação com os diferentes usos do solo.
1978	Matson et alli	E.U.A.	Trabalho com imagens de satélites.
1978	Vukovich	St. Louis	Observação e simulação das variações diurnas da circulação da ilha de calor urbana e aquelas associadas com a distribuição de ozona.
1979	Jáuregui	México	Determina os contrastes térmicos cidade-campo, em uma cidade de porte médio – Toluca (México).
1981	Endlicher	Annecy	Análise qualitativa cidade x campo.
1983	Yonetani	-----	Através de experimentos matemáticos, comprovou que a ilha de calor favorece a formação de cúmulos.
1983	Vukovich	St. Louis	Extraíu dados de temperatura do solo e padrões de refletividade em áreas da cidade de St. Louis e arredores, utilizando dados HCMM. A análise mostra diferenças sazonais e diurnas. No verão e durante o dia a distribuição de temperatura do solo é influenciada por características de pequena escala na variação do uso do solo. O contraste térmico entre a zona urbana e rural é cerca de 4,3° C. No inverno, e durante o dia, o padrão é similar, mas o contraste não é grande, ficando por volta de 2.4° C.

No Brasil, o estudo do Clima Urbano é recente e desenvolveu-se a partir da década de 60. Entre os estudos mais relevantes mencionados, estão os trabalhos desenvolvidos pelos autores: Monteiro (1976), Tarifa (1977), Danni (1980), Sampaio (1981), Lombardo (1985), Assis (2000) e Duarte (2000).

Monteiro (1976). Ressaltou a importância no estudo da climatologia e o desenvolvimento de metodologias para o levantamento de dados e metodologia de estudos climáticos urbanos.

Tarifa (1977). Estabeleceu uma correlação entre tamanho e temperatura da cidade de São José dos Campos, São Paulo. Recentemente, no ano de 2001, publicou juntamente com o Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo, o livro “Climas na cidade de São Paulo” onde relatam o trabalho desenvolvido ao longo de 30 anos de pesquisa no Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. A contribuição deste trabalho é extensa, à medida que demonstra as principais dificuldades deste ramo científico, destacando a evolução nas formas de análise da questão térmica urbana, sobretudo no que se

refere ao tratamento de dados de campo. Este trabalho resultou na identificação de sete climas diferentes na área urbana da metrópole paulista.

Danni (1980). Estudou os aspectos da temperatura do ar em Porto Alegre, constatando a presença de ilhas térmicas sobre as áreas mais densamente edificadas e sobre as áreas caracterizadas pelo uso industrial.

Sampaio (1981). Procurou correlacionar uso do solo e elevação da temperatura interna no ambiente urbano para a cidade de Salvador.

Lombardo (1985). Identificou diferenças de temperatura na cidade de São Paulo, através da leitura de fotos de satélite, demonstrando o efeito da ilha de calor urbana na cidade de São Paulo.

Assis (2000). Identificou diferenças de temperatura e o fenômeno da Ilha de calor urbano em Belo Horizonte, MG, através de um método de simulação física em modelo reduzido de áreas urbanas.

Duarte (2000). Através de estudos sobre os fatores determinantes na formação de microclimas urbanos propõe o desenvolvimento de padrões de ocupação do solo para a cidade de Cuiabá.

O estudo da climatologia ainda é recente na faixa tropical. Segundo Duarte (2000), as razões para o estado insatisfatório deste campo de estudo, incluem:

- ❑ A complexidade inerente do sistema cidade-atmosfera;
- ❑ A falta de esquemas conceituais e teóricos para a pesquisa;
- ❑ O custo e as dificuldades de observações urbanas.

A maior dificuldade dos pesquisadores em relação ao clima urbano ainda é a obtenção de dados climáticos. Por outro lado, a pesquisa climatológica demonstra que os processos atmosféricos urbanos estão diretamente associados às

características da cidade. Assim, ao analisar a influência da ocupação urbana no clima, cria-se à necessidade de dados específicos sobre o objeto de estudo, tais como: mapas planialtimétricos, indicadores de crescimento urbano e de densidade urbana, etc. A definição dos pontos de observação deve partir de uma análise qualitativa criteriosa que supõe a percepção urbana pelo pesquisador.

Dessa forma, em um país onde o crescimento urbano tem uma velocidade maior que os mecanismos de planejamento técnico e governamental, a inexistência de dados climáticos soma-se a pouca informação sobre os dados específicos do município, pois a grande parte dos documentos disponíveis nas prefeituras municipais encontram-se desatualizados. Neste sentido, as pesquisas que têm sido realizadas, utilizam como elementos de apoio: imagens de satélite, fotos aéreas, levantamentos e fotos ao nível da rua, além de monitoramento de dados climáticos em pontos de observação no interior da malha urbana.

A dificuldade de inserção dos estudos climáticos urbanos nas políticas de planejamento reflete-se também na atividade de projeto.

Segundo Duarte (2000, p. 34) “Estudos de adequação climática voltada para a arquitetura geralmente vão do clima regional ao edifício, sem passar pela análise climática da cidade onde ele se insere”. Completa ainda com a citação de Monteiro (1990, p.107) “entre a região e o edifício há um sensível hiato posto que a variação do local dentro do quadro regional é considerável. [...]”.

3.4.2 Ilhas térmicas urbanas.

A ilha de calor urbana é um fenômeno característico das cidades e metrópoles. No entanto, sua intensidade e distribuição são proporcionais ao crescimento urbano e populacional. O impacto do calor antropogênico é significativo,

visto que os fenômenos são mais intensos durante os dias da semana, quando o fluxo de pessoas e veículos é máximo, e mínimos nos finais de semana e feriados.

O efeito da ilha de calor sobre as cidades ocorre devido a redução da evaporação, ao aumento da rugosidade e às propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais de construção. A distribuição das isoterms na cidade mostra uma tendência para o aumento da temperatura da periferia em direção ao centro.

Um estudo aprofundado sobre o efeito das superfícies na cidade foi desenvolvido por Leanna Shea Rose, Hashem Akbari e Haider Taha no Lawrence Berkeley National Laboratory, Universidade da Califórnia e publicado no ano de 2003. Em uma iniciativa para restringir a demanda de energia para resfriamento em edifícios, a U.S. Agência de Proteção Ambiental (EPA) e o Departamento de Energia (DOE) dos Estados Unidos formaram o HIRI, grupo de pesquisa para redução da Ilha de Calor. Através desta iniciativa, foi desenvolvido um projeto para implementação de estratégias de redução de Ilhas de Calor, denominado (UHIPP). Cinco áreas metropolitanas foram selecionadas pelo EPA para uma análise detalhada: Sacramento, CA; Salt lake City, UT; Chicago, IL; Houston, TX e Baton Rouge, LA. Um dos componentes desta pesquisa é analisar o tecido das cidades “piloto” através da caracterização precisa dos vários componentes da superfície.

Através de leitura visual de fotos aéreas (ortofoto) foram classificados vários tipos de superfícies de recobrimento (grama, telhado, calçada, asfalto...). Levou-se em conta também as regiões sob - coberturas, como por exemplo: as calçadas sob as copas de árvores ou pavimento sob coberturas de estacionamento. Utilizando o software ERDAS, foram quantificadas as porcentagens de cada uma das superfícies. Os dados coletados foram extrapolados para uma escala maior que correspondeu à análise da área metropolitana das cidades, utilizando para isto os

dados de pesquisa Geológica dos Estados Unidos (USGS). A partir dos resultados obtidos para cada região (superfície predominante), foram sugeridos alguns procedimentos para minimização dos efeitos de ilha de calor. A utilização de métodos de simulação possibilitou estimar o potencial de aumento de superfícies verdes e do albedo na área urbana de Houston, analisando os efeitos resultantes nas variações de temperatura.

Este método sugere novas formas de classificação do uso do solo, em função dos tipos de superfícies encontrados na área urbana. Além disso, apresenta a possibilidade de aplicação direta no planejamento urbano.

No Brasil, um dos trabalhos mais relevantes sobre o fenômeno das ilhas de calor urbanas foi desenvolvido por Lombardo (1985), tendo como objeto de estudo a cidade de São Paulo. Lombardo registrou diferenças de 10°C de temperatura em pontos distintos da cidade de São Paulo, em estado de calmaria. Seu trabalho demonstra uma significativa correlação entre o fenômeno das ilhas de calor com o uso e a ocupação do solo. Outras contribuições importantes desta pesquisa foram os registros de dados monitorados *in loco*, além de completo mapeamento de temperatura e de elementos constituintes da malha urbana, como coberturas vegetais e densidade de construção.

A rugosidade urbana, associada a grande condutibilidade térmica dos materiais, como o concreto, causam efeitos complexos de reflexões da radiação. Essas superfícies aquecidas, interagindo com o ar, proporcionam um sistema bastante eficiente para aquecer o ar. Somado a isto, a geometria dos prédios funciona como obstáculo para o vento, modificando o seu fluxo natural e dificultando a dispersão de calor.

De acordo com Lombardo (1985), os efeitos da formação de ilhas de calor nas cidades podem ser resumidos como:

- Efeitos da transformação de energia no interior da cidade, devido à geometria (edifícios e verticalização = rugosidade), as cores e revestimentos (albedo) e aos materiais de construção (condutibilidade);
- Redução do resfriamento causado pela diminuição da evaporação (diminuição de áreas verdes);
- Produção de energia antropogênica através da emissão de calor pelas indústrias, trânsito e habitações.

Na análise da ilha de calor urbana da cidade de São Paulo, Lombardo (1985) avalia que o aumento de temperatura em função da diminuição de umidade relativa cria um “clima de deserto artificial”, onde a elevação das temperaturas pode aumentar a capacidade de absorção do vapor d’água, produzindo uma sensação desconfortável de ar aquecido e úmido, sobretudo nos meses de verão.

O aumento da temperatura urbana deverá interferir também na circulação de ar, modificando os fluxos de vento e aumentando a capacidade de concentração de poluentes. A ocorrência de ilhas de calor urbanas também pode interferir no aumento da precipitação. Segundo Lombardo (1985, p. 26),

O aumento na produção local de calor é complementado pelas modificações na umidade e precipitação, além da ventilação. A concentração de material particulado no ar altera, por sua vez, a incidência de energia radiante do sol e facilita a formação de núcleos de condensação, propiciando o surgimento de nuvens de chuva. [...] O efeito da rugosidade das construções, o ar quente ascendente e o aumento dos núcleos de condensação devido à concentração de aerossóis, podem provocar um aumento da quantidade de precipitação de 5 a 10%.

A formação das ilhas de calor urbanas depende não só das propriedades térmicas dos materiais, mas também da distribuição das edificações no meio urbano e

do tratamento do entorno dos edifícios. Evidencia-se, assim, a importância do planejamento para a qualidade climática das cidades.

Assis (2000) em seu trabalho sobre o clima urbano na cidade de Belo Horizonte, apresentou um método para análise do campo térmico urbano durante os períodos críticos de verão e inverno usando uma rede de estações meteorológicas locais.

Dois fatores são apontados como causas da formação da ilha de calor noturna: a geometria e a densidade urbana. A geometria urbana é descrita pelo Fator de Visão de Céu (FVC). Quanto mais obstruído é o ambiente, menor a troca térmica radiativa com o meio. O aumento das temperaturas é provocado pela dificuldade de irradiação térmica, favorecendo a ocorrência da ilha de calor em áreas urbanas mais densas e verticalizadas. Por outro lado, a maior densidade de ocupação favorece o aquecimento noturno, devido a grande capacidade das superfícies construtivas em armazenar calor, dissipando-o à noite.

O trabalho de Assis relaciona os parâmetros climatológicos com o mapeamento de uso e densidade de ocupação. Na cidade de Belo Horizonte, o impacto da ocupação horizontal é maior do que a vertical, na faixa de 130 a 150 hab/ha. Nas áreas verticalizadas, há, comparativamente, maiores superfícies sombreadas, diminuindo a incidência de radiação solar sobre as superfícies pavimentadas.

Assis (2000) considera, que nas regiões tropicais, além do estudo da ilha de calor urbana como fenômeno noturno, é importante sua abordagem no período diurno, para o estabelecimento de diretrizes de controle das condições térmicas.

O entendimento do clima possibilita a melhoria do conforto térmico dos espaços urbanos, integrando o desenho urbano e o paisagismo no processo de planejamento.

A presença de vegetação, a influência dos corpos d'água e até mesmo a cor das superfícies podem se comportar de maneira positiva, estabilizando as variações de temperatura do ar e criando zonas de conforto, que são chamadas de Ilhas de Frescor urbanas.

Santana (1997), em seu trabalho sobre o clima urbano de Fortaleza encontrou temperaturas mais baixas próximas a corpos d'água e em áreas com vegetação significativa.

O uso da vegetação e a utilização de corpos d'água (fontes, espelhos d'água ou pequenos lagos artificiais) como elementos de projeto paisagístico tem um papel significativo no equilíbrio térmico da cidade, além de promover uma melhoria nos níveis de conforto dos usuários. Colunas de árvores agem como barreiras para o vento, diminuindo a sensação de desconforto, ao mesmo tempo em criam áreas de sombra para os pedestres. Áreas gramadas minimizam a absorção da radiação solar e aumentam a umidade. A presença de corpos d'água aumenta a umidade do ar e, com isso, reduz o efeito da temperatura. Assim, o desenvolvimento de um planejamento urbano apropriado pode modificar as variações térmicas no espaço urbano de forma a melhorar o conforto dos espaços públicos, refletindo nos edifícios e na qualidade de vida de seus usuários.

Arquitetos e urbanistas devem, portanto, conhecer as características climáticas da região e a influência dos parâmetros físicos urbanos que contribuem para melhorar as condições de conforto térmico e de salubridade nas cidades. O conjunto destes fatores e suas inter-relações podem subsidiar a atividade de planejamento na criação de cidades sustentáveis e termicamente confortáveis.

3.4.3. Fatores condicionantes da bioclimatologia urbana

As alterações climáticas resultantes do processo de crescimento das cidades são significativas.

Dados do censo demográfico, realizado em 2000 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostram que o Brasil é 81,2% urbanizado (figura 3.6). A projeção destes dados indica que essa porcentagem passaria para 90% em 2010 e, antes de 2030, a população rural estaria extinta, sendo o Brasil um país 100% urbanizado.

As estatísticas também demonstram que o crescimento urbano nos países em desenvolvimento, em especial a América Latina, é bem mais acelerado.

No Brasil, os movimentos migratórios assumem uma proporção significativa, gerando impactos nas cidades pequenas e nos grandes centros urbanos.

Segundo Lombardo, as cidades não cresceram, incharam.

Aglomerados urbanos que até o início da década de 70 possuíam 50 a 100.000 habitantes e com uma estrutura urbana já deficiente, depara-se no início da década de 90 com uma população muitas vezes superior àquela, mas com a mesma infraestrutura deficiente (1997, p. 59).

A cidade atua como fator modificador do clima regional e cria condições especiais concretas, que pode-se definir como clima urbano. A atividade humana gerada no contexto da cidade, como a intensidade de veículos, a concentração industrial, o adensamento das edificações, o processo de verticalização, e o asfalto de ruas e avenidas, a diminuição de áreas verdes, criam condições específicas de padrões de uso e ocupação do solo urbano. Estas características influem diretamente na composição química da atmosfera, como também no balanço térmico e hídrico. O clima urbano, portanto, concretiza-se considerando-se a comparação da cidade com seu entorno próximo e como também pelas diferenças objetivas das feições identificáveis no contexto interno da cidade; tanto pelas características topográficas do sítio quanto pelas diferenças produzidas pela estrutura urbana (1997, p. 60).

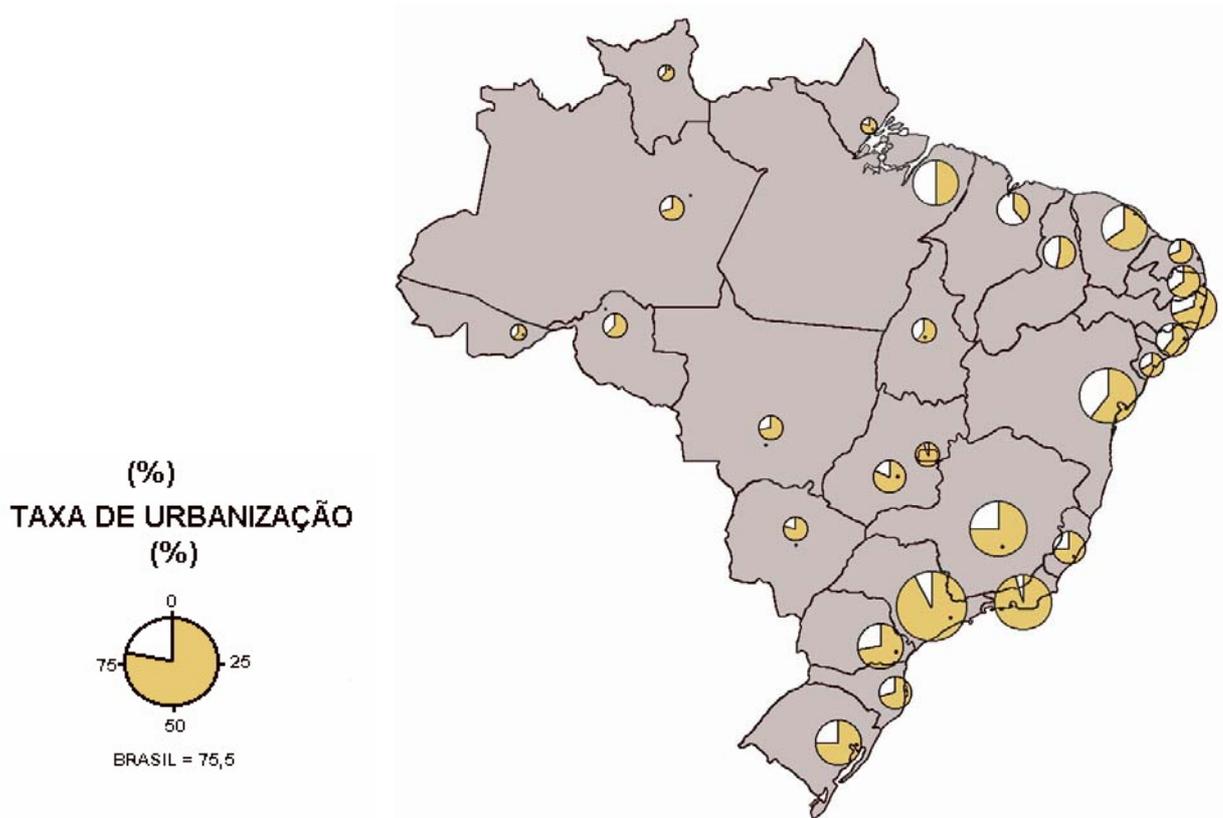


Figura 3.6: Grau de Urbanização do Brasil (IBGE, 2000).

Na cidade as condições de habitabilidade são determinadas a medida em que a composição do ar, a temperatura, a luminosidade e o nível sonoro se aproximem de valores ótimos exigidos pela espécie humana.

As condições climáticas de uma região, a sua topografia e formação de solos, os recursos hídricos e a cobertura vegetal, entre outros, são características de um ambiente que estão relacionadas com a urbanização, influenciando no processo e sendo modificadas por ele. Todos estes aspectos devem ser considerados no estudo do clima urbano e em sua aplicação no planejamento das cidades, pois as decisões tomadas poderão conduzir a um ambiente construído com melhores condições de vida.

3.4.3.1. O relevo

As formas naturais do relevo bem como as construídas pelo homem sobre a superfície interferem no período de duração do sol e do ângulo de incidência solar que atinge o solo, e acarretam diferenças no clima (Figura 3.7).

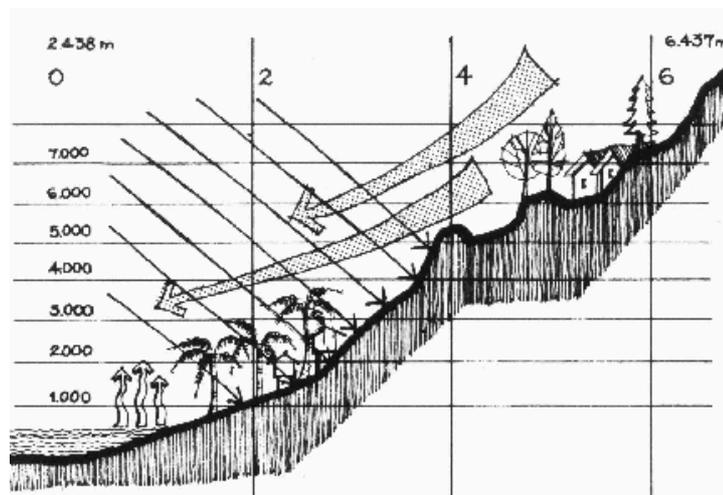


Figura 3.7: Influência do relevo no clima. Princípios bioclimáticos para o desenho Urbano (ROMERO, 2001).

Segundo Nahas et al (2002, p. 4), no caso dos espaços exteriores, a incidência de sol pode interferir na funcionalidade dos mesmos e no conforto do usuário. Os índices de radiação incorporam a limitação do ângulo de incidência solar, já que a quantidade de energia recebida aumenta notavelmente à medida que o ângulo de incidência é menor.

Assim, uma cidade implantada sobre um relevo montanhoso ou sobre o fundo de um vale, deverá receber diferentes índices de radiação solar em consequência da declividade e da orientação do relevo. Da mesma forma, nas cidades, áreas densamente ocupadas e verticalizadas, deverão receber menos radiação na superfície do solo urbano e maior incidência sobre as coberturas.

Outro fator determinante é a altitude. Normalmente, maiores altitudes estão associadas a menores temperaturas do ar. Pode se dizer que, na média, cada

100m a mais de altitude provocam uma queda de 0,6 °C na temperatura. Por outro lado, o ar frio, na ausência de ventos, deverá se comportar como a água escoando para os pontos mais baixos do relevo.

3.4.3.2. A presença de água na cidade

Os fatores geográficos como a latitude e a altitude determinam características específicas para a radiação solar e a temperatura do ar de um ambiente. A presença de água também resulta em outro fator importante, a medida em que origina intercâmbio entre calor e umidade.

Analisando as propriedades térmicas de alguns elementos que presentes na cidade (Tabela 3.3), Rivero (1985), demonstra que os materiais de construção, como o concreto e o tijolo requerem uma média de 1836KJ para elevar 1°C a temperatura de 1m³ de material, enquanto que a água necessita 4190KJ. Portanto, a água requer o dobro de calor que o mesmo volume destes materiais para elevar sua temperatura.

Tabela 3.3: Calor específico e densidade dos materiais. RIVERO (1985).

Material	d (Kg/m ³)	c {KJ / (Kg. °C)}	c.d {KJ/ (m ³ . °C)}
concreto	2200	1,00	2200
tijolo	1600	0,92	1472
água	1000	4,19	4190

A radiação solar ao incidir sobre um volume de água não se transforma em calor na superfície. Devido à transparência das águas, penetra em profundidade, sendo absorvida aos poucos. Por outro lado, uma parte do calor gerado na superfície se perde por evaporação criando sobre a água uma massa de ar com alto conteúdo de umidade. Devido a seu comportamento térmico, a presença de água provocará interferências

significativas em algumas regiões do tecido urbano, como em fundos de vale ou em áreas próximas de nascentes ou cursos d'água que atravessam o tecido urbano.

Em climas secos, a água pode se comportar como um excelente condicionador natural. Infelizmente a água é pouco utilizada como recurso paisagístico em projetos urbanos.

3.4.3.3. A forma urbana

A forma urbana somada aos demais fatores já considerados, interfere significativamente na formação de microclimas no tecido urbano, modificando, em cada ponto, a quantidade de radiação solar incidente e a velocidade e direção dos ventos.

Nas cidades, não apenas os edifícios deverão interferir na formação dos microclimas, mas também a pavimentação dos espaços exteriores, como as calçadas e o asfalto presentes nas ruas e das avenidas. O tipo de revestimento do solo exerce influência significativa sobre o clima urbano em função de suas características, tais como: seus coeficientes de absorção da radiação solar em função das cores (quanto mais escura maior será a absorção de radiação), suas capacidades de armazenar calor (inércia térmica) e seus índices de impermeabilidade.

Os efeitos da radiação solar sobre o solo produzem uma rápida elevação da temperatura superficial. Durante a noite o solo perde calor acumulado nas camadas superficiais originando variações diárias importantes, portanto, é fundamental que se considere os efeitos acentuados que a pavimentação e do asfalto provocam no microclima urbano.

A densidade de ocupação é um dos fatores importantes a serem considerados no estudo do clima urbano e em sua aplicação no planejamento das cidades.

Neste sentido Duarte (2000, p. 237) alerta sobre a importância em se considerar a densidade de ocupação e uso do solo na elaboração do Plano Diretor urbano:

A maior densidade ocupacional pretendida pelo Plano Diretor para a redução de custos da infraestrutura urbana deve ser conquistada com cautela, para que o novo padrão de ocupação não agrave as condições de conforto térmico urbano, já tão rigorosas. Nas áreas em expansão a maior largura das vias, hoje inevitável para um maior escoamento do tráfego, deve ser contrabalançada com dispositivos de umidificação e sombreamento.

3.4.3.4. A presença de vegetação na cidade

A presença de arborização nas cidades não deve ser vista apenas como um artifício ornamental. A vegetação tem funções específicas, como a de proporcionar sombra e deter ou canalizar os ventos, funcionando como um ótimo condicionador térmico natural.

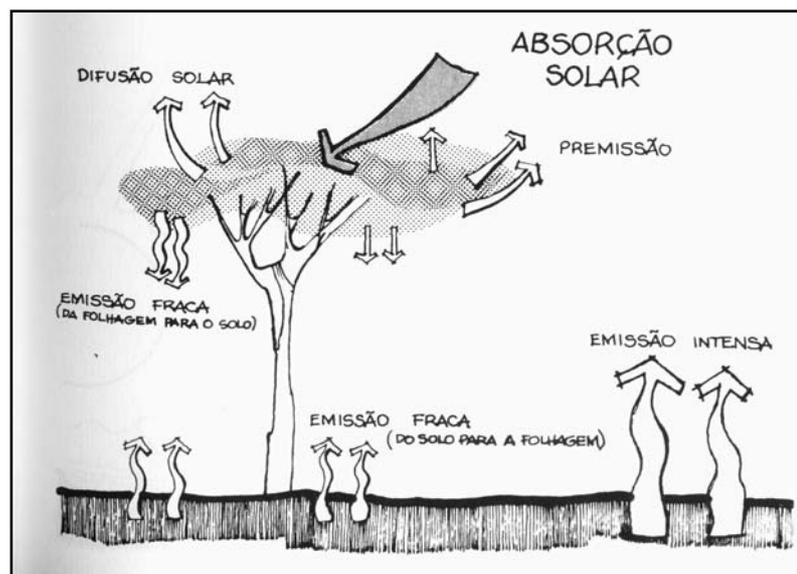


Figura 3.8: Influência da vegetação no clima. Princípios bioclimáticos para o desenho Urbano (ROMERO, 2001).

As folhas das árvores como qualquer corpo absorvem, refletem e transmitem a energia incidente em quantidades diferentes segundo os comprimentos de onda da radiação. Embora a energia absorvida seja alta, a temperatura superficial da folha não é elevada, mantendo-se abaixo da temperatura dos corpos vizinhos. Este fato explica-se através dos fenômenos químicos que ocorrem nos vegetais onde uma parte da energia se transforma por meio do processo de fotossíntese.

Segundo Rivero (1985), o comportamento térmico dos vegetais em relação aos materiais inertes é sempre superior. Este fato pode ser comprovado por meio de algumas medições realizadas nos Estados Unidos onde se comprovou a diferença de temperatura máximas e mínimas registradas ao longo do dia:

Tabela 3.4: Temperaturas registradas em diferentes tipos de superfície (RIVERO, 1985).

Tipo de superfície	Temperatura
no pavimento da rua	32,6°C
no solo de areia	25,9°C
no solo gramado	16,0°C
no ar (1.20m. de altura)	14,2°C.

Com base nestes valores, Rivero (1985, p.157) enfatiza o uso da vegetação como um importante mecanismo de minimização dos efeitos do clima em regiões com verões rigorosos:

Estas comprovações explicam a conveniência de se ter, nas regiões quentes, gramados nos solos exteriores em vez dos materiais de construção correntes. Sua menor temperatura faz com que a massa de ar próxima ao edifício e que de um modo geral é a que ingressa no espaço interior mediante a ventilação, tenha melhores condições térmicas, uma vez que, por essa mesma razão, emite menos energia radiante em direção às paredes. A isto devemos somar ainda a particularidade de ter um baixo coeficiente de reflexão diante da radiação solar.

De acordo com Fontes & Delbin (2001, p.1), os espaços arborizados desempenham não só funções ambientais, mas também culturais, à medida que, se configuram como ambientes de convívio social:

A vitalidade de uma cidade deve-se em parte a qualidade dos seus espaços públicos abertos (ruas, praças, entre outros), que podem desempenhar algumas funções, como as relacionadas aos valores visuais ou paisagísticos, valores recreativos e valores ambientais.

[...] As áreas verdes desempenham importante papel ambiental, uma vez que possuem a capacidade de amenizar os efeitos do clima. Segundo GIVONI (1998), esse fato é consequência de algumas propriedades que as diferenciam das áreas construídas, como: baixa capacidade de condutividade térmica das plantas; a absorção de radiação solar principalmente pelas folhas, portanto a reflexão da radiação é muito pequena (baixo albedo); além disso, a taxa de evaporação é muito mais alta nas áreas verdes do que nas áreas edificadas.

Conforme Higuera (1997), árvores e outros tipos de vegetação são os elementos mais adequados para promover o equilíbrio do ecossistema urbano e proteger os espaços livres, favorecendo a composição atmosférica, a velocidade do ar ou a umidade ambiental. A presença de vegetação na cidade reduz as temperaturas do ambiente circundante devido à evaporação, aumentando a umidade do ar.

Kurbán et al (2002) destacam que, a superfície de sombra se constitui como um dado bioclimático fundamental para se conhecer a área de calçada e rua que não recebe radiação solar, tanto nos meses de inverno quanto de verão. Não obstante, a vegetação introduz condições diferenciadas de absorção da radiação solar em função do volume da copa, da superfície das folhas, densidade das folhas, cores e ciclo de foliação. Em seu trabalho sobre a influência da vegetação na cidade de San Juan, os autores demonstram que o efeito da arborização no verão resulta em uma porcentagem negativa de 46,2% o que significa que causa uma diminuição de 2.1^o C na temperatura urbana. Sua influência c/ relação à umidade relativa resulta em um percentual de 45,4% o que significa que provoca um aumento de 5.2% na umidade urbana.

3.4.3.5. A circulação de ar no meio urbano

Na cidade, a intensidade e direção dos ventos não são homogêneas, sendo modificadas constantemente em função dos obstáculos existentes, como áreas densamente edificadas e verticalizadas, presença de bosques, seqüência de árvores e até mesmo em função do relevo.

Por este motivo, o estudo da ventilação urbana é um parâmetro difícil de ser simulado. Segundo Duarte (2000, p.52),

Nos estudos de ventilação urbana há uma grande dificuldade de simulação por causa da complexidade do traçado. Porém, é possível simular setores da cidade que tem algum padrão de homogeneidade; é possível modelar partes, mas não a cidade inteira.

A ação dos ventos na área urbana poderá causar impacto positivo ou negativo e interfere significativamente na sensação de conforto dos espaços públicos. Além disso, deve-se considerar a questão de segurança e o efeito do vento sobre a fachada dos edifícios.

O estudo dos ventos e sua interferência na área urbana são um importante parâmetro para que se tomem decisões acertadas sob o ponto de vista do desenho urbano. Na cidade, verifica-se que o desmatamento de bosque e matas nativas em decorrência da expansão urbana para a implantação de novos loteamentos, vem ao longo do tempo, modificando significativamente a direção e a velocidade dos ventos e, conseqüentemente, a temperatura e a umidade do ar.

Segundo Duarte (2000, p. 51):

Givoni lembra que há melhor ventilação nas ruas quando elas são paralelas ou inclinadas em até certo ponto na direção dos ventos predominantes durante o período da tarde, quando a temperatura atinge seu máximo. Porém é imprescindível se estudar o não comprometimento da ventilação dos edifícios, especialmente em climas quentes e úmidos [...].

O vento também tem um papel fundamental no transporte de poluentes, podendo diminuir seu efeito. De acordo com Schiller & Evans (2002, p. 26):

La ventilación del tejido urbano tendrá un impacto potencialmente favorable sobre la concentración de polución aérea, debido al efecto de dispersión producido por la penetración de aire en el tejido que, aunque no afecta la cantidad de polución, disminuye su impacto en la zona del trazado.

Sabe-se que em climas quentes e úmidos, por exemplo, a ventilação é um elemento essencial para o conforto. Neste sentido, a ação das brisas pode amenizar a sensação de desconforto causada pelas altas temperaturas, nas horas mais quentes do dia. Nestas regiões, é fundamental que a forma urbana permita a permeabilidade da ventilação entre os edifícios. Dessa forma, o efeito dos ventos deve ser estudado de forma conjugada com os demais parâmetros climáticos para as diferentes regiões da cidade.

3.4.3.6 O fluxo de calor gerado pelas atividades humanas

Estudos climáticos em áreas urbanas têm demonstrado que as atividades humanas podem apresentar influência significativa no balanço de energia urbano.

Um trabalho recentemente publicado por Azevedo (2001), apresenta uma série de cálculos que estimaram a energia dissipada pelas atividades humanas na região metropolitana de São Paulo, comparando-as com a quantidade de radiação solar global recebida pelo solo.

Segundo Azevedo (2001, p. 71),

Para se determinar se é significativa a influência da energia na forma de calor dissipada pelas atividades humanas sobre os elementos e ritmos que caracterizam o clima urbano deve ser feita preliminarmente uma análise global dos montantes de energia em trânsito no sistema clima urbano.

Para determinar o grau de influência da energia na forma de calor dissipada pelas atividades humanas foi feita uma análise da quantidade de radiação solar que atinge as superfícies desta área urbana. A comparação destes dados demonstra que a influência da população e suas atividades são significativas.

Foram calculadas as quantidades de energia desprendidas pelo organismo humano e por suas atividades, tais como: energia dissipada pelo uso residencial das fontes energéticas, pelos sistemas de transporte, pelos setores industriais, de comércio e de serviços.

As tabelas 3.5 e 3.6 mostram os resultados finais obtidos:

Tabela 3.5: Estimativa do montante de energia dissipada anualmente na RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) pelas atividades humanas (AZEVEDO, 2001).

Ano	Biomassa Humana (J/ano)	Setorial					Total (J/ano)
		Residencial Eletricidade (J/ano)	Residencial Gás (J/ano)	Industrial Todos (J/ano)	Público Comercio (J/ano)	Transporte (derivado) petróleo	
1980	1,81E+17	2,00E+16	1,89E+16	2,54E+17	2,55E+16	3,50E+17	8,50E+18
1990	2,18E+17	3,25E+16	2,63E+16	2,44E+17	4,14E+16	4,43E+17	1,01E+18
1991	2,22E+17	3,46E+16	2,74E+16	2,58E+17	4,16E+16	4,51E+17	1,03E+18
1992	2,26E+17	3,50E+16	2,80E+16	2,60E+17	4,25E+16	4,59E+17	1,05E+18
1993	2,29E+17	3,59E+16	2,87E+16	2,74E+17	4,64E+16	4,66E+17	1,08E+18
1994	2,32E+17	3,73E+16	2,87E+16	2,91E+17	4,91E+16	4,72E+17	1,11E+18
1995	2,36E+17	4,15E+16	2,87E+16	3,01E+17	5,28E+16	4,79E+17	1,14E+18
1996	2,39E+17	4,51E+16	3,29E+16	3,09E+17	5,60E+16	4,86E+17	1,17E+18
1997	2,43E+17	4,72E+16	3,12E+16	3,28E+17	6,04E+16	4,93E+17	1,20E+18
1998	2,46E+17	4,79E+16	3,17E+16	3,33E+17	6,13E+16	5,01E+17	1,22E+18
1999	2,50E+17	4,86E+16	3,22E+16	3,38E+17	6,22E+16	5,08E+17	1,24E+18
2000	2,54E+17	4,94E+16	3,27E+16	3,43E+17	6,31E+16	5,16E+17	1,26E+18

Tabela 3.6: Comparações entre os fluxos de energia (AZEVEDO, 2001).

Ano	Fluxo Antrópico GSP (J/ano)	Fluxo de radiação global Nível do solo		% (I)	% (II)
		RMSP (J/ano)	Mancha Urbana (J/ano)		
1980	8,50E+18	4,747E+19	1,209E+19	1,79%	7,04%
1990	1,01E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,12%	8,32%
1991	1,03E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,18%	8,56%
1992	1,05E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,21%	8,69%
1993	1,08E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,27%	8,93%
1994	1,11E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,34%	9,19%
1995	1,14E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,40%	9,42%
1996	1,17E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,46%	9,67%
1997	1,20E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,53%	9,95%
1998	1,22E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,57%	10,10%
1999	1,24E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,61%	10,25%
2000	1,26E+18	4,747E+19	1,209E+19	2,65%	10,41%

A coluna “%(I)” expressa a energia dissipada pela aglomeração humana em relação ao montante fornecido pelo sol no território da região metropolitana de São Paulo (RMSP). A coluna “%(II)”, considera a mesma energia dissipada pela população em relação ao montante fornecido pelo sol na área que, segundo a EEMPLASA (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano), corresponde a área urbanizada da Região metropolitana de São Paulo.

Segundo Azevedo (2001) embora deva ser considerado que apenas uma parcela da radiação global ao nível do solo é transferida na forma de calor para o ar, estes números demonstram que a influência da população é um fator a ser ponderado nos estudos climáticos urbanos:

Mesmo sob uma perspectiva conservadora, o montante de energia introduzido e dissipado no clima urbano de São Paulo pela atividade humana é comparável ao montante de energia introduzido pela radiação solar na mesma escala de magnitude, ou seja, de dez a um, a energia de origem antrópica é no mínimo um se a de origem solar for dez (2001, p.91).

Deve-se levar em conta também, que a população e suas atividades não se distribuem homogêaneamente pelo território urbano. Avenidas com intenso fluxo de veículos e os tipos de atividade predominantes (zonas residenciais ou comerciais) devem ser consideradas, pois dependendo de cada caso o peso deste parâmetro será mais significativo.

4. Caracterização do município de Araraquara

Os tópicos 4.1 a 4.3 apresentam os aspectos econômicos, sociais e de crescimento urbano de Araraquara. O tópico 4.4 traz aspectos referentes às tipologias urbanas reunidos durante a fase de levantamento de dados e que, orientaram o trabalho de campo, bem como as análises seguintes. O tópico 4.5 apresenta os aspectos climáticos (macroclima, mesoclima e ventos predominantes) do município de Araraquara.

4.1. Aspectos Econômicos e Sociais

A cidade de Araraquara é freqüentemente chamada de “Morada do Sol”. Esta expressão, deriva de sua origem Tupi-Guarani, *Aracoára*, de *Ára* (dia) e *Coára* (toca ou morada). Segundo o artigo escrito por Mota Coqueiro para o “Correio de Araraquara”, n.45, de 16 de Setembro de 1894:

“Disseram-lhe os canoieiros que aquêles montes na língua indígena tinham o nome de *Aracoára*, *Ára* dia e *Coára*, toca ou morada, porque os índios que habitavam a margem direita do Tietê, vendo sempre nascer o sol por detrás da cordilheira, acreditavam que ali morava o dia.” (1894, p.107).

No entanto, Silveira Bueno e outros estudiosos do Tupi-Guarani, atribuem ao nome Araraquara, o significado de Morada das Araras (Arara = arara, coára = toca). Esta confusão de significados, atribui-se aos primeiros habitantes da cidade que por não conseguirem pronunciar o vocábulo *Ára*, falavam *Ará*. Segundo Mota Coqueiro, mais tarde, por força do sistema fonético dos conquistadores Portugueses, as composições tupis *ará-ra*, *ára-ra* e *araára*, convergiram para a forma única

“arara”, que significa o nome da ave famosa, que os colonizadores viam e ouviam por toda parte, nas florestas, nos ares e nos aldeamentos indígenas.

O município de Araraquara tem 189.634 habitantes e localiza-se próximo ao centro do Estado de São Paulo, ocupando uma área de 1312Km², dos quais 77,34Km² são urbanizados.

A região de Araraquara é formada pelos seguintes municípios: Gavião Peixoto, Américo Brasiliense, Boa Esperança do Sul, Borborema, Cândido Rodrigues, Dobrada, Fernando Prestes, Ibitinga, Itápolis, Matão, Nova Europa, Rincão, Santa Ernestina, Santa Lúcia, Tabatinga e Taquaritinga.

O principal eixo rodoviário é a rodovia Washington Luis (SP-310), que liga o município à capital do estado, interligando-se ao sistema Rodovias Anhanguera (SP-330)/ Bandeirantes (SP-348). A produção agrícola local é escoada pelo Porto de Santos, através do sistema rodoviário - Anchieta (SP-150) / Imigrantes (SP-160). O município também é um importante entroncamento rodo-ferroviário e está a 80Km do sistema da Hidrovia Tietê-Paraná.

Devido à concentração de importantes universidades (UNESP e UNIARA) destacam-se também os setores: odontológico, farmacêutico, bioquímico e químico. A região configura-se como um importante pólo tecnológico.

A cidade dispõe de cinco Distritos Industriais. Atualmente a implantação da EMBRAER no município de Gavião Peixoto, tem gerado um grande impacto econômico no município e na região, com a possibilidade de instalação de novas empresas e indústrias ligadas ao setor aéreo. Este fato tem mobilizado o setor econômico, principalmente o imobiliário, que aposta num grande crescimento urbano da cidade.

4.2. Aspectos do crescimento urbano

A cidade, inicialmente, se desenvolveu no sentido oeste, à direita do Ribeirão da Servidão, devido às facilidades de topografia.

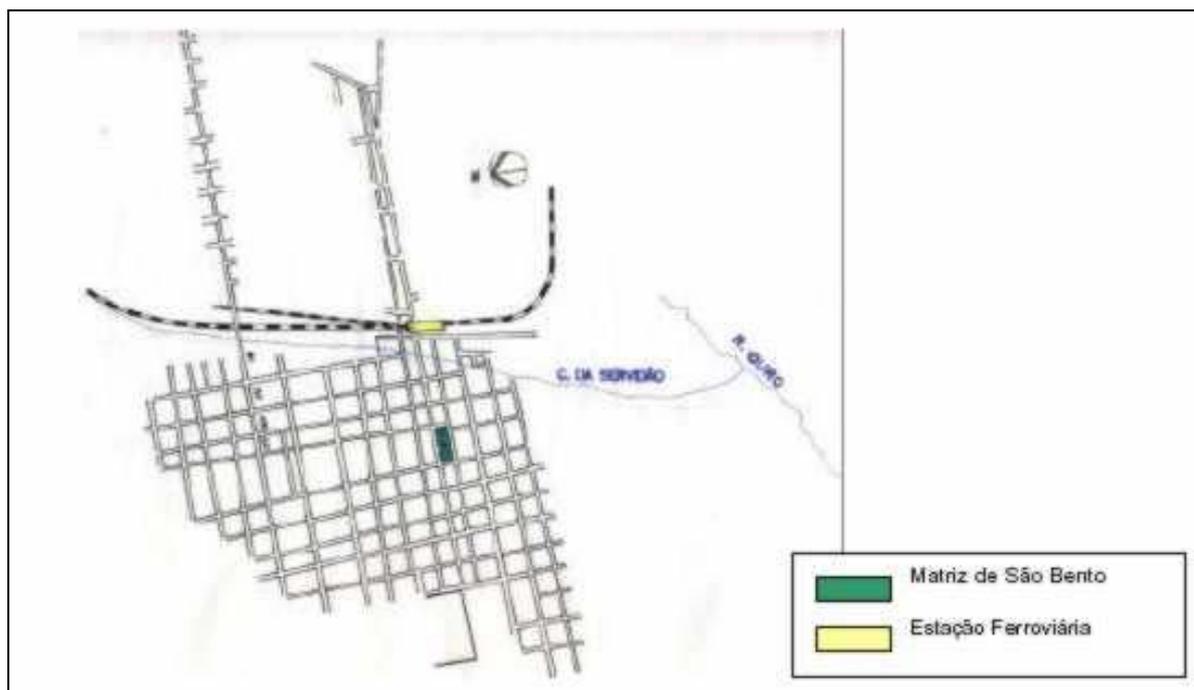


Figura 4.1: Conformação urbana em 1929 (LIMA, 2002).

Como a grande maioria das cidades paulistas, durante a segunda metade do século XIX, o crescimento urbano foi impulsionado pela ampliação da rede ferroviária no estado passando pelos principais municípios produtores de café como um importante meio para escoar a produção no país.

Segundo Lima (2002), com a implantação da linha férrea a cidade expandiu-se também para o sentido leste. O desenvolvimento de novos bairros gerou sérios problemas de acesso ao centro urbano da cidade criando a necessidade de ampliações e construções de viadutos sobre a malha ferroviária que se conformaram como as primeiras obras públicas da cidade.

O crescimento urbano pode ser observado a partir da tabela abaixo. Nota-se que na década de 50, a população urbana ultrapassou a população rural.

Tabela 4.1: População Urbana e Rural (LIMA, 2002), adaptado de Raia Junior, 1995).

ANOS	URBANA	RURAL	TOTAL
1940	33,552	34,552	67,724
1950	36,476	26,212	62,688
1960	60,591	22,307	82,898
1970	84,582	15,884	100,466
1980	118,778	9,331	128,109
1991	156,462	10,270	166,732
2000*	173,335	8,903	182,238

Na segunda metade dos anos 50 instalaram-se no município as primeiras agroindústrias. Foi neste período que se deu à criação da Companhia Troleibus de Araraquara - CTA e a instalação da Estação de Tratamento de água, constituindo um marco significativo da expansão urbana e econômica do município.

Segundo Lima (2002), tratou-se de uma intervenção urbana significativa, atestando que o processo de urbanização ocorreu no momento em que se dava uma significativa transformação no perfil produtivo da região. A partir da década de 60, até hoje, a tendência de ocupação urbana ocorre no sentido Norte. Na década de 70, deu-se significativo aumento do número de loteamentos no perímetro urbano, provocados pelo forte êxodo rural, devido aos processos de mecanização da produção agrícola. Este fato fez com que o município reelaborasse um novo traçado limite para a cidade.

De acordo com Lima (2002), atualmente, a cidade expande-se horizontalmente em todas as direções e vem acentuando-se o processo de verticalização nas áreas centrais e de loteamentos nas áreas limites. Crescem também os vazios urbanos intersticiais e periféricos. Dos 240 loteamentos existentes, 57 foram criados na década de 90. Destes, 13 foram aprovados no ano de 1998 e

resultaram em 6355 lotes. A cidade de Araraquara possui aproximadamente 50% a 60% da área urbana, ocupada por vazios.

De acordo com relatórios internos da Prefeitura Municipal de Araraquara, do Departamento de Planejamento, 2000, Araraquara possui 55.641 imóveis residenciais com ocupação média de 3,8 habitantes por imóvel e 37.490 lotes vagos urbanizados com infra-estrutura completa (água, esgoto, luz, pavimentação e transporte coletivo).

A cidade apresenta 98% de suas ruas pavimentadas. Em sua área urbana, existem 64 praças e jardins, um parque ecológico/ recreativo, um bosque rotário com árvores nativas e um horto florestal no distrito de Bueno de Andrada, totalizando um índice de 34,2m² de área verde por habitante.

4.3. Novas diretrizes urbanas

Durante o processo de elaboração das diretrizes que deveriam nortear a reformulação do Plano Diretor da Cidade de Araraquara; vários estudos foram desenvolvidos pela Prefeitura Municipal em parceria com algumas Universidades do município e região. O Projeto “Aura - Atlas Urbano da cidade de Araraquara” insere-se neste contexto, tendo como objetivo inicial atualizar e complementar os aspectos ambientais, sociais, econômicos e culturais da cidade.

Infelizmente, o projeto Aura não transcorreu como era esperado. A interdisciplinariedade proposta inicialmente foi interrompida e os trabalhos foram praticamente realizados de forma isolada, perdendo-se a grande chance de aprofundar os questionamentos tão fundamentais nas pesquisas urbanas.

No entanto, é um grande avanço perceber que a ação governamental tem caminhado no sentido de incluir em seu conjunto de leis, aspectos referentes ao

meio ambiente, sobretudo as questões relacionadas com a qualidade e uso dos recursos naturais, com a proteção ao ar atmosférico e com o consumo energético.

Segue a descrição das diretrizes sobre Gestão dos Recursos Naturais da Agenda 21, que orientaram os trabalhos iniciais de reelaboração do Plano Diretor de Araraquara.

DOCUMENTO TEMÁTICO 4 - GESTÃO DOS RECURSOS NATURAIS

Estratégia 1: Regular o uso e a ocupação do solo por meio de métodos e técnicas de planejamento ambiental, incluindo as diversas formas de zoneamento, a articulação e o gerenciamento de unidades espaciais de importância para a biodiversidade e para a conservação dos recursos naturais, tais como: corredores ecológicos, unidades de conservação, ecossistemas terrestres, costeiros e marítimos e as bacias hidrográficas.

Estratégia 2: Desenvolver e estimular procedimentos voltados à proteção e à conservação das espécies, envolvendo técnicas *in situ* e *ex situ*, proteção de ecossistemas e *habitats*, manejo sustentável e ações de combate ao tráfico de espécies, incidentes sobre a flora e a fauna e, no que couber, aos microorganismos.

Estratégia 3: Propor e aperfeiçoar a pesquisa e o desenvolvimento de estudos voltados ao aumento do conhecimento científico sobre a biodiversidade, incluindo a definição de indicadores, a realização de inventários e a formação de bases de informação e disseminação do conhecimento sobre os recursos naturais.

Estratégia 4: Estabelecer medidas de controle da qualidade ambiental tendo em vista a proteção e o disciplinamento do uso dos recursos naturais e de proteção da atmosfera global, ressaltando a necessidade de promoção da eficiência na produção e no consumo de energia. A implementação dessa estratégia implicará

o desenvolvimento de atividades de monitoramento e fiscalização e a adoção de ações de comando e controle, de instrumentos econômicos e de mecanismos de certificação.

Estratégia 5: Estabelecer, desenvolver e estimular o apoio aos diferentes aspectos da gestão de recursos naturais, por meio da implementação de medidas estruturais que envolvam o fortalecimento institucional, a capacitação e o treinamento dos recursos humanos, a educação ambiental e a cooperação internacional.

Baseado nestas diretrizes, o Plano Diretor, concluído em 2004, se concretiza como uma importante contribuição para a melhoria da qualidade ambiental urbana de Araraquara, pois reúne questões específicas sobre os sistemas e elementos da Paisagem Urbana Ambiental em seu conjunto de leis. Destacam-se: o art. 141 – itens II e III, o art. 142 e o anexo II, que trata da Sistematização de Categorias de Espaços Livres Públicos.

“Art.141 - Deverá ser instituído um Plano Diretor de Arborização Urbana Pública, em revisão e atualização da Lei Complementar No.14/96, denominado Código de Arborização Urbana Pública, contendo normas técnicas, métodos e medidas, com o objetivo de estabelecer um processo de planejamento permanente, diagnósticos, preservação, manejo e implantação da arborização do sistema viário e áreas verdes no Município de Araraquara”.

II - Estabelecer procedimentos para a melhoria das condições bioclimáticas e do conforto ambiental, reduzindo o tempo de exposição solar da acessibilidade e mobilidade urbana, diferenças térmicas entre fragmentos urbanos, bem como controle da poluição aérea e sonora;

III - Utilizar a vegetação e arborização urbana como instrumento para uma cidade ecológica, mais atrativa ao turismo, a estratégias de desenvolvimento econômico, revitalização cultural dos espaços urbanos e de seus elementos visuais;

“Art.142. Esta Lei estabelece procedimentos para a classificação de categorias de espaços livres públicos e áreas verdes de lazer, bem como introduz conceitos de unidades de paisagem, visando”:

a) Monitoramento da quantidade, qualidade, acessibilidade, oferta e distribuição de espaços livres e áreas verdes no tecido urbano;

b) Estabelecer critérios objetivos de distribuição e dimensionamento nas regiões de planejamento, por meio de diferentes escalas e funções do sistema de espaços livres;

c) Definir um conjunto de indicadores de planejamento e gestão ambiental de áreas urbanas e regiões de planejamento, por meio de cadastro georreferenciado dos espaços livres;

“§ 1º A classificação e categorias funcionais do sistema de espaços livres públicos são apresentados no ANEXO II desta Lei;”

4.4 Tipologias de ocupação urbana

A caracterização das tipologias de ocupação urbana orientou o trabalho de campo tornando possível à identificação dos locais a serem monitorados. O trabalho foi realizado a partir da observação de mapas de zoneamento e uso do solo, do mapa de arruamento e quadras, dos eixos hídricos, da carta planialtimétrica do município, aerofotos e, sobretudo, através de pesquisas de campo com registro de fotografias e observações in loco. A análise, à partir dos dados coletados, foi organizada da seguinte forma:

- O relevo e os rios.
- A forma urbana.
- Densidade de ocupação.
- Áreas verdes, praças e espaços de convívio.

4.4.1. O relevo e os rios

A altitude é um fator determinante nas transformações térmicas. O município de Araraquara apresenta altitude média de 600m acima do nível do mar, variando de 500m (cota mais baixa) a 740m (cota mais alta). De modo geral estas diferenças de altitude na malha urbana são esparsas resultando em um relevo de leve sinuosidade. Assim, considerando a altitude como um dos fatores condicionantes do clima urbano, destacam-se algumas regiões que apresentam aspectos topográficos relevantes, tais como: as que apresentam as maiores e menores cotas,

nas cotas onde os rios atravessam a cidade e em regiões onde o relevo natural foi modificado pela ação humana.

As maiores cotas (740 metros) são encontradas na região leste da cidade, onde se formou o bairro: “Altos da Vila Xavier”. As cotas mais baixas (500 metros), localizam-se na região sudoeste da malha urbana.

Vale ressaltar também, o trecho que margeia a linha Férrea na área central da cidade, ao longo do Córrego da Servidão. Esta região configura-se como um Fundo de vale, ladeado por dois morros. A foto da figura 4.2 mostra um trecho da avenida. As cotas mais elevadas estão localizadas à direita da foto.



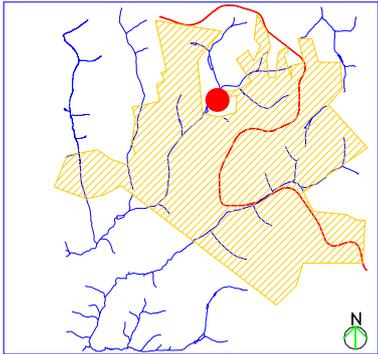
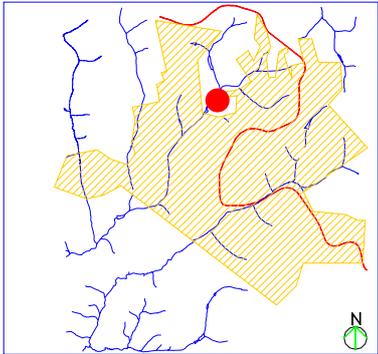
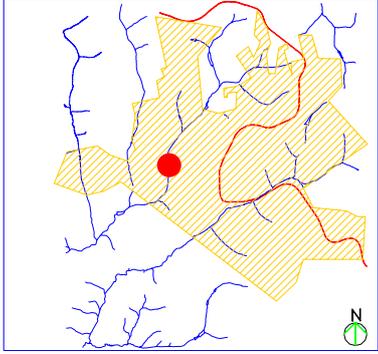
Figura 4.2: Vista do Viaduto da Av. Barroso – Abaixo a Av. Maria A C. de Oliveira sobre o Córrego da Servidão (registro: 09/2003).

A presença de água resulta em um fator importante, pois à medida que origina intercâmbio entre calor e umidade, pode configurar ambientes microclimáticos com temperaturas mais amenas que as do entorno; fazendo com que estes ambientes funcionem como ótimos condicionadores naturais do ar.

Dois rios atravessam a malha urbana de Araraquara: o Ribeirão das Cruzes e o Ribeirão do Ouro. Ao longo do eixo hídrico, vários córregos são formados, como o Córrego da Servidão já mencionado, que é uma das ramificações do Ribeirão do Ouro.

O Ribeirão das Cruzes atravessa a malha urbana no sentido Nordeste para Sudoeste. Destaca-se o trecho que vai do entorno da Represa do DAAE - Departamento de Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara passando pelas cotas mais baixas do relevo até o loteamento Jardim Morumbi.

Tabela 4.2: Imagens do Ribeirão das Cruzes

	
<p>Foto da Represa do DAAE Departamento de água e esgoto do Município.</p>	
	
	

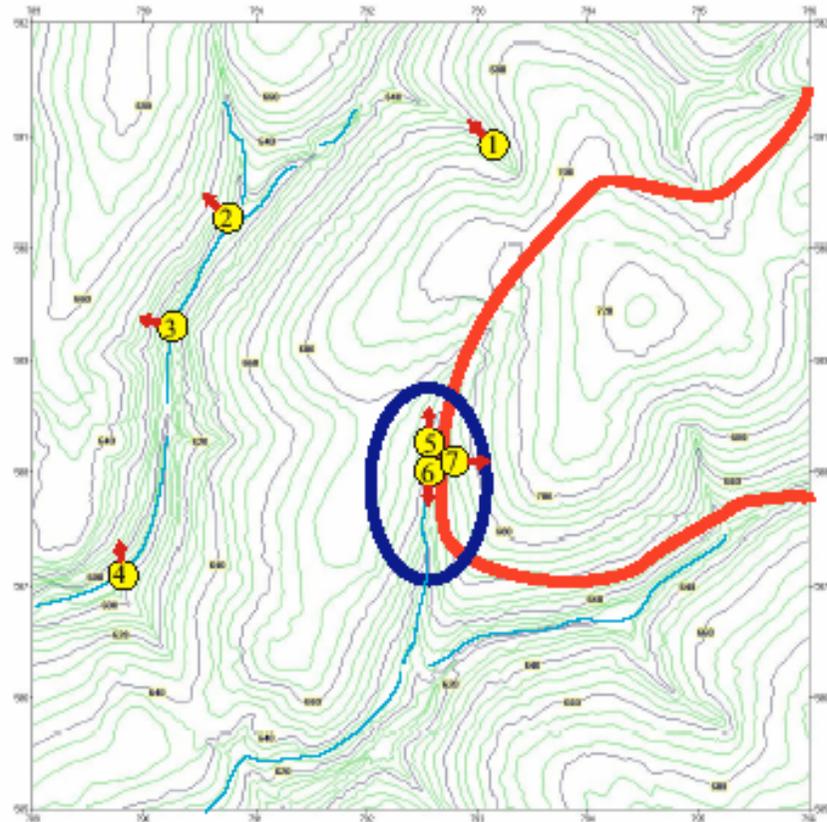
O Ribeirão do Ouro atravessa a cidade de Nordeste à Noroeste. A foto da Figura 4.3, mostra o entorno da rodoviária Municipal.



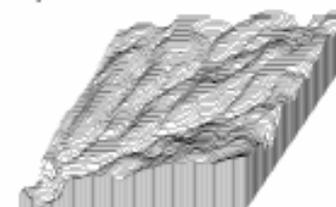
Figura 4.3: Ribeirão do Ouro nas proximidades da rodoviária municipal

As particularidades do relevo e a presença de cursos d'água na malha urbana podem indicar tendências de formação de ambientes microclimáticos, ou seja, regiões que apresentem características térmicas peculiares em relação ao mesoclima urbano. No entanto, não podemos considerar a presença destes elementos como um fator determinante nas variações térmicas sem avaliar o seu efeito conjugado a outros elementos importantes, tais como: a morfologia urbana, a presença de vegetação e os diferentes tipos de revestimentos do solo. Portanto, embora a identificação de tipologias urbanas nos indique algumas tendências qualitativas, é precipitado fazer afirmações. O mapa 4.1 refere-se ao relevo da área urbana de Araraquara e o mapa 4.2 identifica os rios que atravessam a cidade de Araraquara.

ALTIMETRIA ZONA URBANA DE ARARAQUARA



Perspectiva do relevo na área urbana.

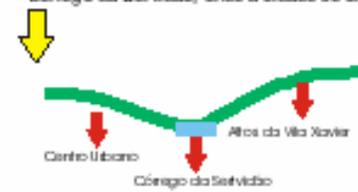


- Traçado da linha férrea
- Pontos mais baixos do relevo, presença de córregos e nascentes na área urbana.

Região que apresenta as maiores altitudes. Após a implantação da ferrovia, deu-se o desenvolvimento de vários bairros nesta região, denominada: "Altos da Vila".

Região onde se originou a cidade, denominada Vila de Araraquara, as margens do Córrego da Servidão.

De modo esquemático, o relevo no vale do Córrego da Servidão, onde a cidade se originou.



MAPA 4.1		CAPÍTULO 4	
ASPECTOS DO RELEVO URBANO		prancha	
Influência da ocupação urbana nas variações de temperatura em Araraquara/ S.P.		1/4	
Autor: Renata About Barbugli		rel. 02/2012	

Rios que cruzam a malha urbana:

- 1 Ribeirão das Cruzes.
- 2 Ribeirão do Ouro.

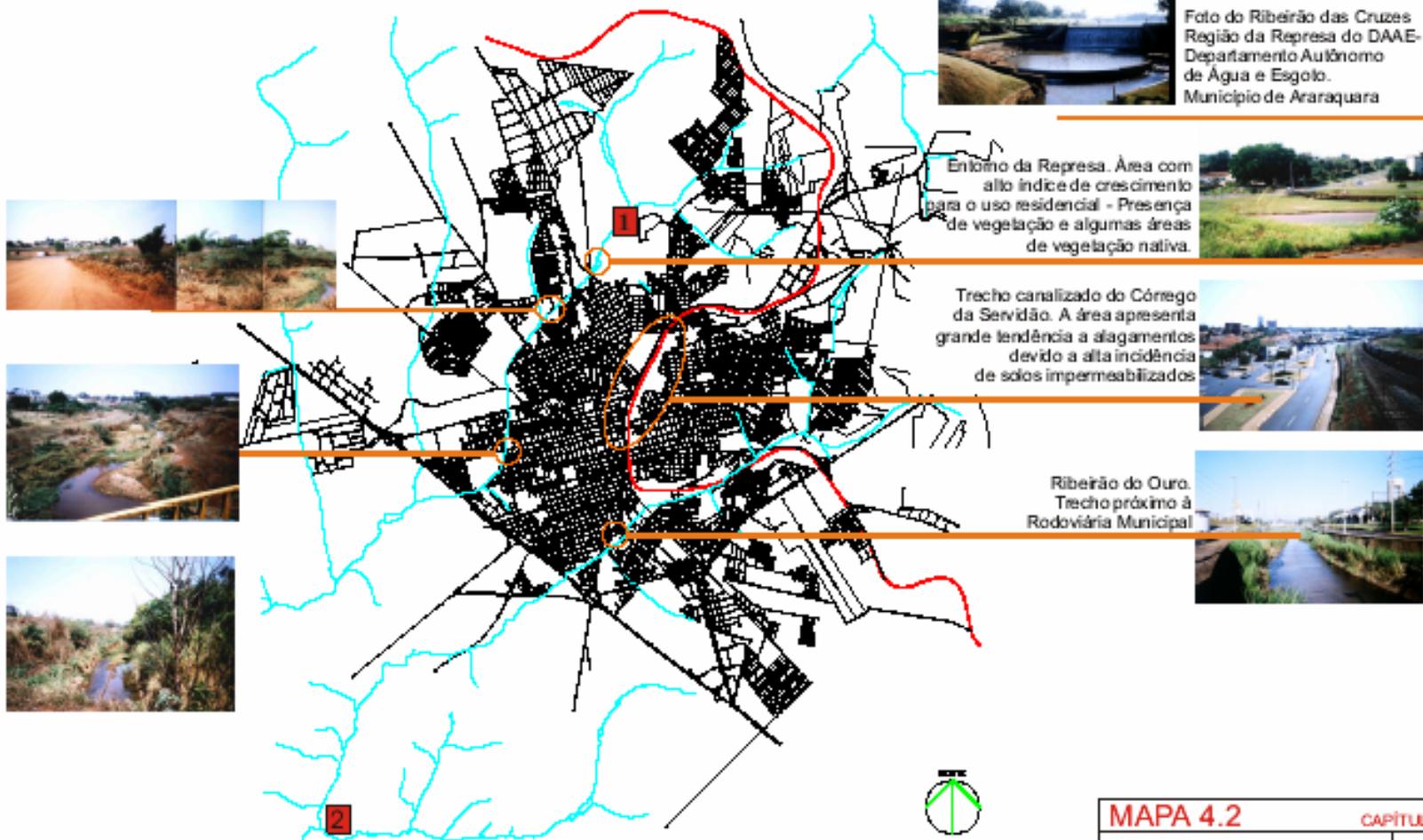


Foto do Ribeirão das Cruzes Região da Represa do DAAE- Departamento Autônomo de Água e Esgoto. Município de Araraquara



Entorno da Represa. Área com alto índice de crescimento para o uso residencial - Presença de vegetação e algumas áreas de vegetação nativa.



Trecho canalizado do Córrego da Servidão. A área apresenta grande tendência a alagamentos devido a alta incidência de solos impermeabilizados



Ribeirão do Ouro. Trecho próximo à Rodoviária Municipal

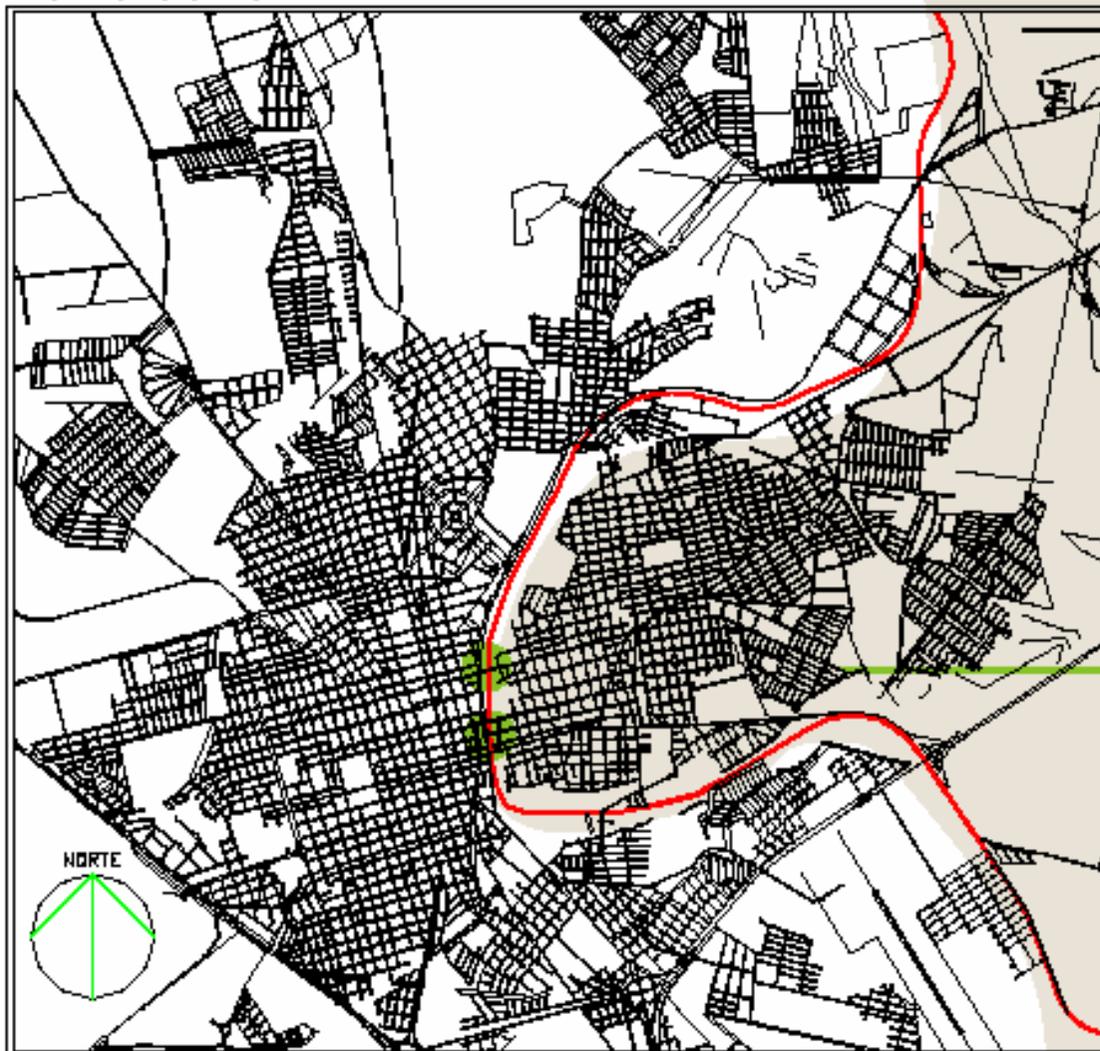


MAPA 4.2		CAPÍTULO 4	
ASPECTOS HÍDRICOS		prancha	
Influência da ocupação urbana nas variações de temperatura em Araraquara/ SP.		2/3	
Autor: Renata About Barbugli			
		Set/2020	

4.4.2. A forma urbana e padrões de uso e ocupação da cidade

A presença da linha férrea, localizada na área central da malha urbana, constitui-se como uma extensa barreira formando um grande vazio urbano ao longo da ferrovia e configurando duas regiões com características tipológicas distintas. Do ponto de vista morfológico, este, é um dos aspectos mais significativos. Estas regiões estão demonstradas no mapa 4.3.

MORFOLOGIA URBANA



Malha urbana da cidade de Araraquara.
Localização da ferrovia █



Vista do eixo ferroviário.
À direita a região central da cidade com maior índice de verticalização. ↑



Vista da Av. Maria A. C. de Oliveira (via Expressa) ao longo do eixo ferroviário. ↑



Vista do Viaduto da Av. Barroso
Tipologia urbana a leste da ferrovia. Padrão de ocupação (1 e 2 pavimentos). ↑

MAPA 4.3		CAPÍTULO 4	
ASPECTOS DA MORFOLOGIA URBANA		planilha	
Influência da ocupação urbana nas variações de temperatura em Araraquara/S.P.		3/4	
Autor: Renata Aboud Barbugli		Set. 2004	

➤ Região a leste da ferrovia:

Nesta região formou-se o bairro denominado “Alto da Vila Xavier”. A região desenvolveu-se significativamente, ampliando-se no sentido leste e formando novos bairros. O uso do solo é misto com predominância de uso residencial, embora tenham sido formadas zonas importantes de comércio e serviços ao longo dos principais eixos de ligação:

Tabela 4.3: Região à Leste da ferrovia. Bairro: Altos da Vila Xavier. Araraquara/S.P.

1	Alameda Paulista: principal ligação através da Av. Maria A C. de Oliveira.	
2	Av. 22 de Agosto: extensão do viaduto da Av. Barroso e ligação ao lado oeste da malha urbana.	
3	Av. Padre Manoel da Nóbrega: extensão do viaduto da Av. Duque de Caxias e importante ligação ao lado oeste da malha urbana.	
4	Av. Santo Antônio.	
5	Av. José do Patrocínio.	
6	Av. José Rodrigues.	
7	Av. Vaz Filho.	

Os usos do solo são demonstrados no mapa acima. A cor amarela representa as áreas com predomínio de comércio e serviços. A cor rosa representa as áreas com predomínio de uso residencial. Em toda a região o padrão de ocupação predominante é de 1 e 2 pavimentos, havendo, apenas em alguns pontos, a incidência de edifícios residenciais de 4 pavimentos e 3 prédios com até 12 pavimentos.



Figura 4.4: Foto do Viaduto (Av. 22 de Agosto)

Com relação às ruas e avenidas a malha não segue o traçado ortogonal. Em alguns pontos a malha é interrompida, devido à “barreira” imposta pela malha ferroviária.

➤ Região a oeste da ferrovia:



Figura 4.5: Vista da região central da cidade de Araraquara

Onde originalmente formou-se a Vila de Araraquara e que concentra o principal centro comercial, de serviços, o centro político e administrativo do município. Foi também à região que apresentou maior desenvolvimento e crescimento urbano, devido às condições mais favoráveis da topografia e a ligação direta com a Rodovia Washington Luiz.

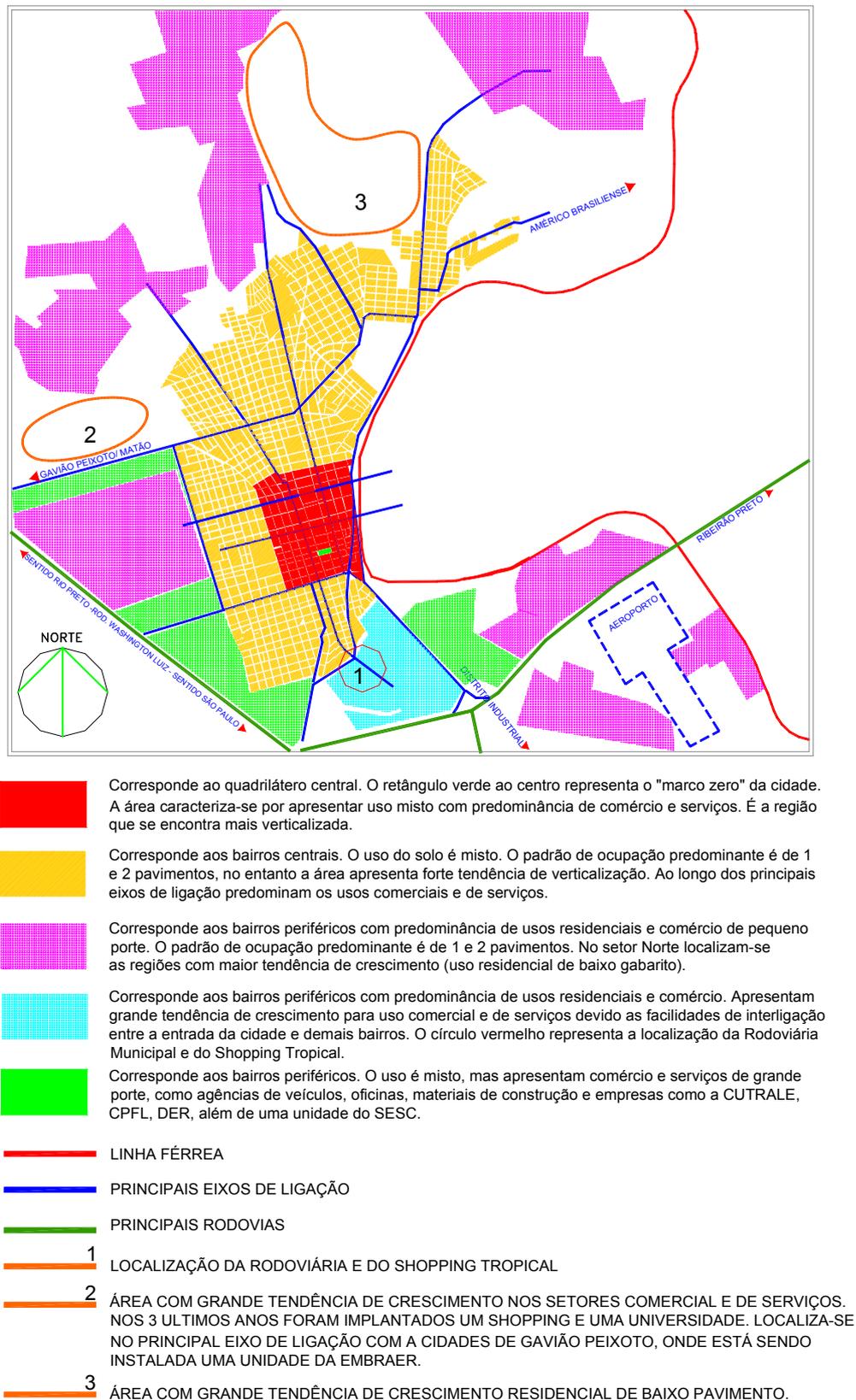
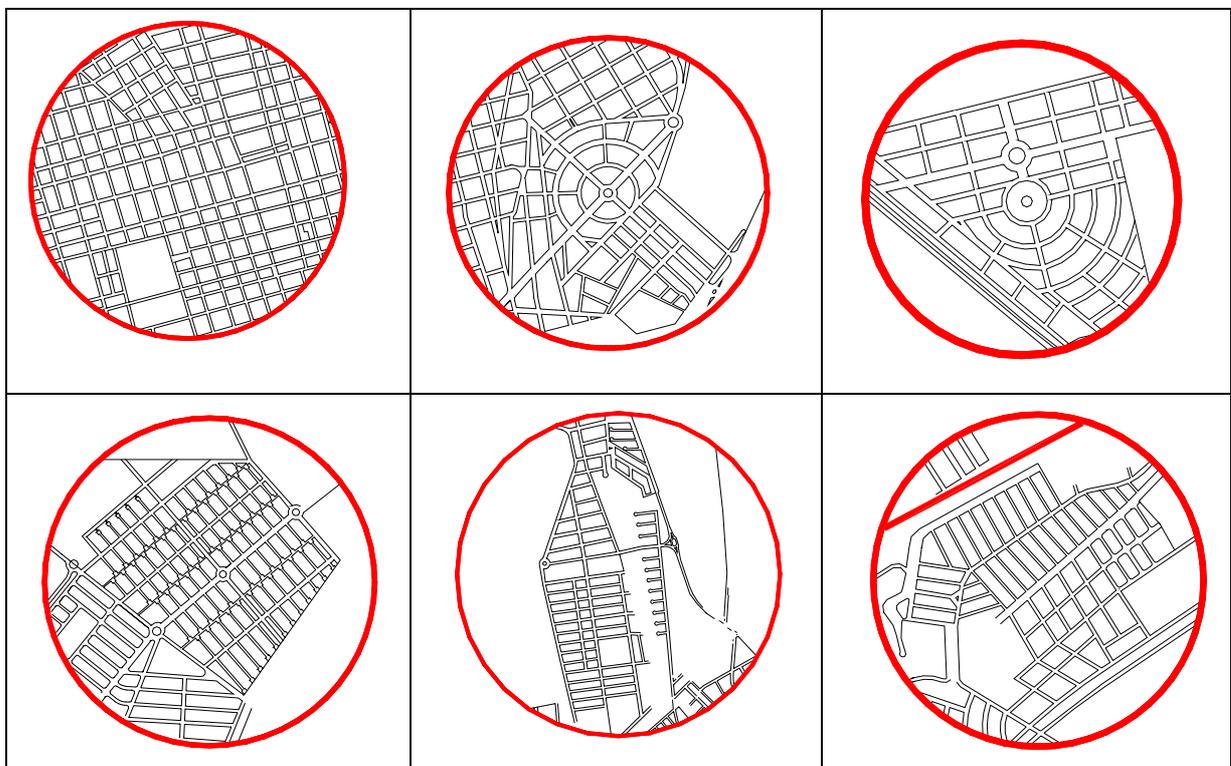


Figura 4.6: Região urbana que se desenvolveu a oeste da ferrovia

Do centro para a periferia a quadrícula da malha urbana vai perdendo o traçado ortogonal original. É bem característica a identificação de algumas zonas da cidade em função do desenho das quadras e do traçado viário. Em bairros planejados, como é o caso da região da Fonte Luminosa, ao longo da Av. Bento de Abreu e demais alamedas, existem largos canteiros que permitiram o plantio de árvores de médio e grande porte. Esta preocupação desaparece nos loteamentos populares, onde predominam ruas principais largas privilegiando o fluxo de veículos e ruas perpendiculares mais estreitas para a obtenção do maior número de lotes.

De forma geral, observa-se que cada loteamento segue uma lógica particular, em função do uso e padrão de ocupação, fazendo com que o desenho resultante da malha urbana seja uma “colcha de retalhos” costurados pelas principais vias de ligação e interrompidos nos limites e barreiras urbanas.

Tabela 4.4: Tipos de traçados identificados na malha urbana



4.4.3. Densidade de ocupação

A densidade de ocupação, analisada através do mapa do IBGE, determina a quantidade de habitantes por região censitária.

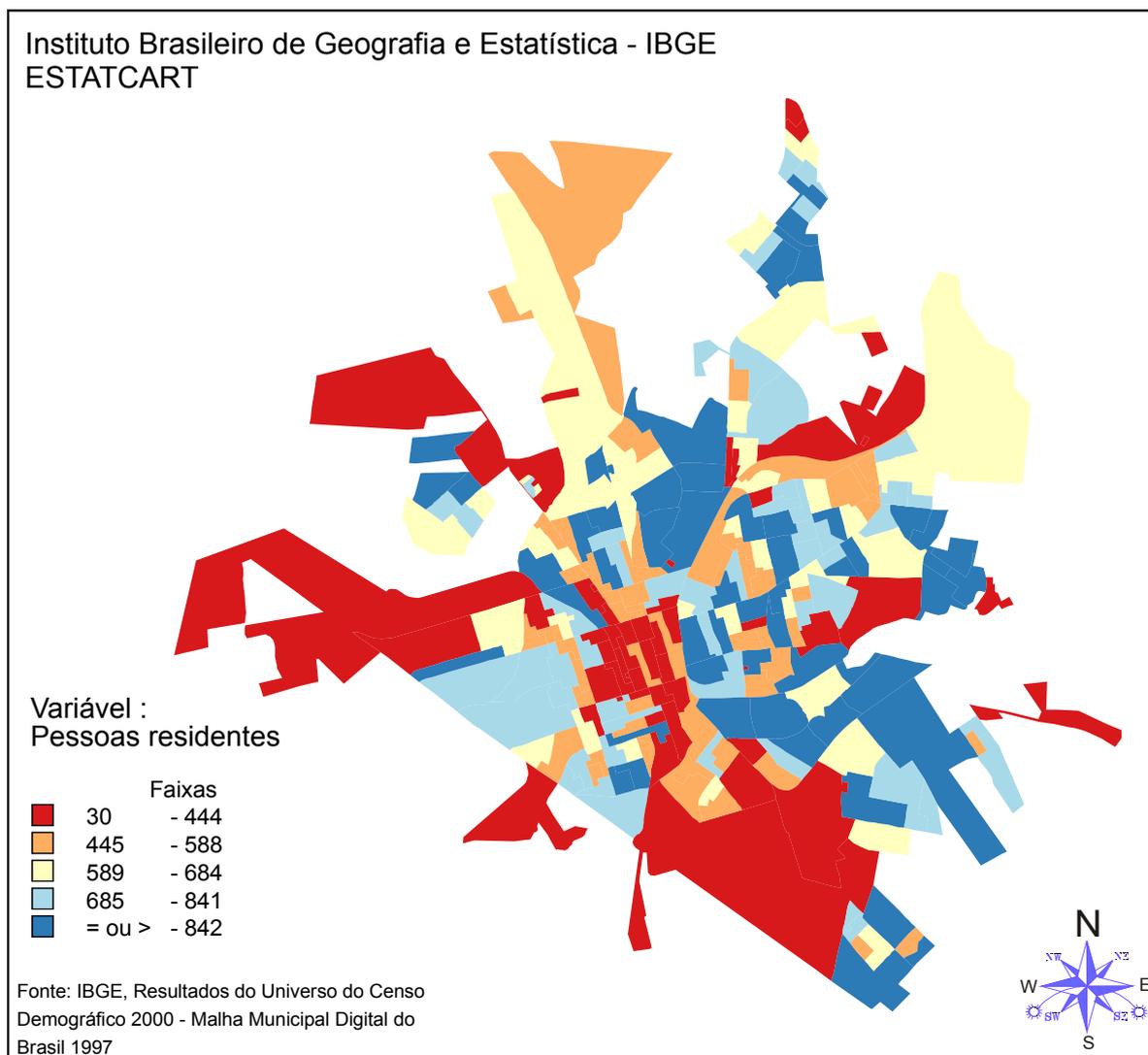


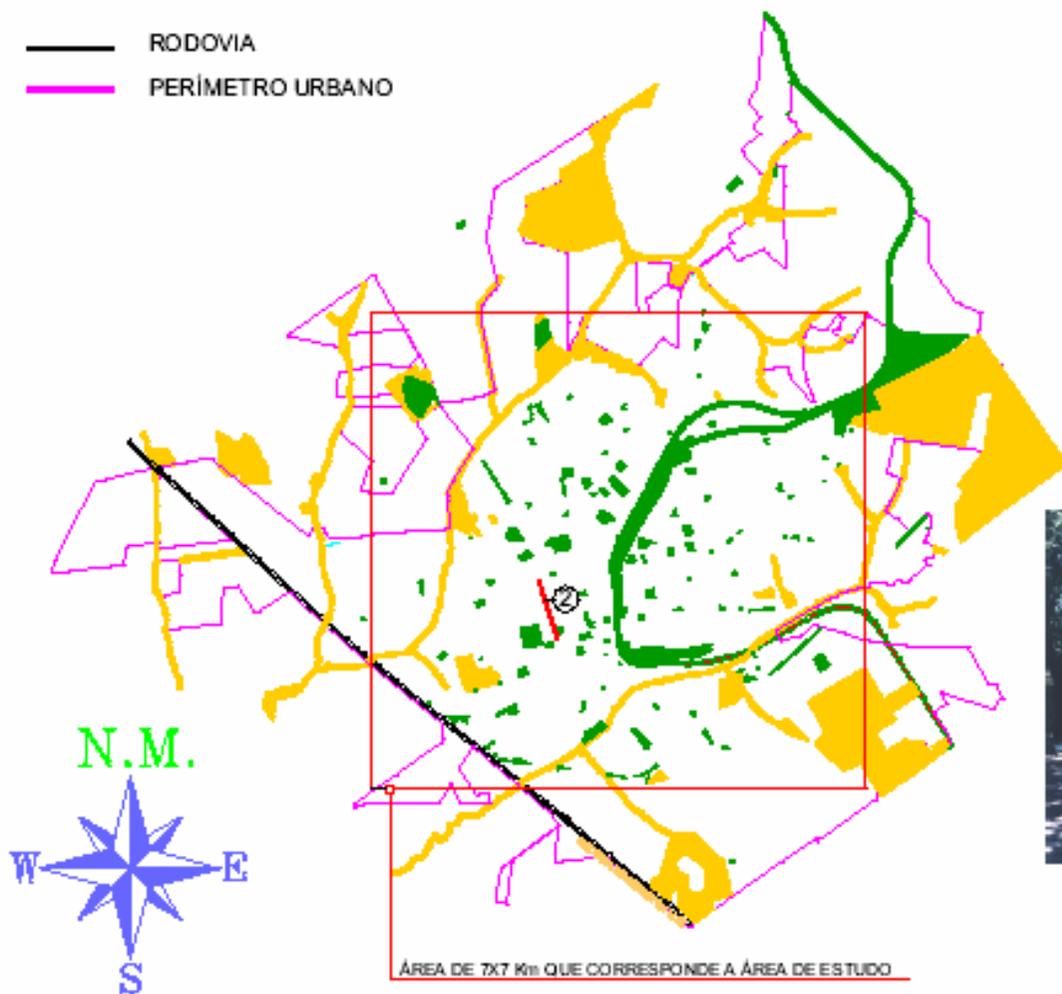
Figura 4.7: Densidade demográfica. Número de habitantes por região censitária (IBGE, 2000).

4.4.4. Áreas verdes, praças e espaços de convívio.

As principais manchas verdes da cidade estão demonstradas no mapa 4.4, adaptado de Lima (2002).

ÁREAS VERDES E ZONAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

- RODOVIA
- PERÍMETRO URBANO



Adaptado de LIMA(2002), este mapa identifica, esquematicamente, as áreas verdes de Araraquara. Onde:

- Localização das principais áreas de proteção ambiental. Concentram-se no perímetro urbano e acompanham o curso dos rios que atravessam a cidade.
- Engloba as áreas de praças, terrenos destinados a uso poli-esportivo e vazios urbanos que não podem ser edificados (como, por exemplo, o entorno da linha férrea)



O grau de arborização, nas ruas e praças não foi quantificado. No entanto, vale ressaltar o trecho (2) que corresponde a Rua Voluntários da Pátria. Nesta rua, as árvores são tombadas pela Prefeitura Municipal de Araraquara. A lei 03556 de 1988, considera a preservação permanente das árvores da espécie "Oxi", existentes na Rua Voluntários da Pátria, entre as Avenidas Djalma Dutra e José Bonifácio. A lei 04998 de 1996, garante a existência e manutenção das espécies "Tipuana", existentes na Av. Espanha, entre as Ruas Padre Duarte e Expedicionários do Brasil, contribuindo para a qualidade ambiental urbana.

MAPA 4.4		CAPÍTULO 4
ÁREAS VERDES E ZONAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL		princípio
Influência da ocupação urbana na variação das temperaturas do ar em Araraquara/SP		4/4
Renata Abreu Barbugli		Rev. 06/2004

ÁREA DE 7x7 Km QUE CORRESPONDE A ÁREA DE ESTUDO

4.5. Aspectos climáticos da cidade de Araraquara

4.5.1. Macroclima

A cidade de Araraquara situa-se na região central do Estado de São Paulo, na latitude de $21^{\circ} 47'$ e longitude de $48^{\circ} 10'$. A altitude média é de 650 metros sobre o nível do mar. Está localizada na zona Tropical.

A maior parte do Estado de São Paulo está localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, possuindo clima Tropical. O traço mais marcante do clima é definido por duas estações: verão quente com chuvas freqüentes, e inverno seco, com duração de 2 a 3 meses (INPE, 2000). Na classificação bioclimática do território brasileiro, desenvolvida por Roriz et all (1999), a cidade de Araraquara localiza-se na zona 4.

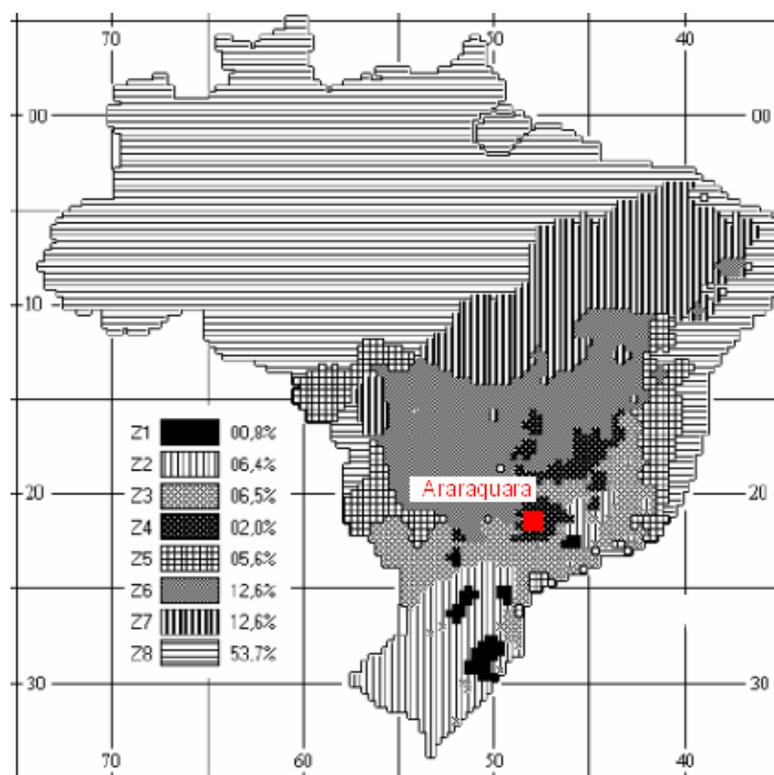


Figura 4.8: Localização da cidade de Araraquara no zoneamento bioclimático do Brasil (RORIZ, 1999).

A região é submetida à forte radiação solar. Apresenta, portanto, melhores condições de evaporação, uma vez em que no processo de evaporação é empregado calor, sendo tanto mais ativa quanto maior o calor disponível a ser empregado no seu processamento.

O relevo exerce grande influência no clima da região. O relevo do estado de São Paulo se apresenta de forma bastante irregular, o que determina uma grande diversificação climática. A cidade de Araraquara localiza-se na Depressão Periférica do Estado de São Paulo. A Depressão Periférica compreende a região que se estende do Planalto Atlântico para o oeste paulista, pelos vales do médio Tietê, Paranapanema e Mogi-Guaçú. (Instituto Geológico, 2000). A figura 4.9, abaixo, localiza a cidade de Araraquara no relevo paulista.

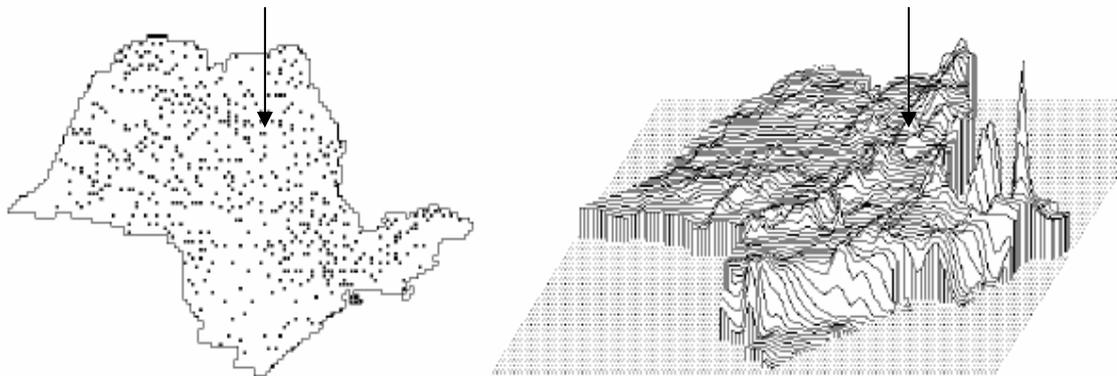


Figura 4.9: Relevo do estado de São Paulo (RORIZ, 1999).

Durante todo o ano, nas regiões tropicais do Brasil, à exceção do oeste da Amazônia, sopram frequentemente ventos E e NE oriundos das altas pressões subtropicais, ou seja, do anticlone semifixo do Atlântico Sul, ou ventos de componente variável de ocasionais núcleos de alta do inferior.

Esta massa de ar tropical possui temperaturas mais ou menos elevadas, fornecidas pela intensa radiação solar e telúrica das latitudes tropicais, e forte umidade específica fornecida pela intensa evaporação marítima. Devido à inversão de temperatura sua umidade é limitada a camada superficial, que lhe confere um caráter de homogeneidade e estabilidade. Esta estabilidade (tempo ensolarado), somente cessa com a entrada de correntes perturbadas.

4.5.2. Mesoclima

Para estudar o comportamento térmico de um ambiente urbano, normalmente trabalha-se com dados climáticos históricos de 30 anos. Com base nestes registros é possível determinar-se o “dia típico” de cada período do ano.

Conforme foi mencionado anteriormente, os registros de temperatura disponíveis em Araraquara foram encontrados no Aeroporto Municipal (dados de 2000 a 2003) e em algumas empresas do setor agrícola, localizadas no perímetro urbano (dados dos 10 últimos anos). A primeira vista, os dados fornecidos pelas empresas pareciam mais interessantes, pois abrangiam um período de observação maior. No entanto, notou-se que estes dados apresentavam pouca confiabilidade. Nenhum esclarecimento convincente foi fornecido a respeito das estações fixas, dos equipamentos utilizados e dos técnicos responsáveis pelos registros. Por outro lado, estas estações estavam localizadas a uma distância muito maior, em relação à área urbanizada, que o aeroporto.

Optou-se por analisar os dados de temperatura dos três últimos anos, fornecidos pelo aeroporto Municipal. A tabela 4.5 apresenta estes dados.

Tabela 4.5: Normais climatológicas medidas no Aeroporto de Araraquara

mês	Aeroporto (2000 a 2003)		
	MedMin	MedMax	Med
1	19.7	29.7	24.7
2	20.0	29.3	24.6
3	19.9	30.0	24.9
4	18.8	29.5	24.2
5	14.9	25.1	20.0
6	15.6	26.2	20.9
7	13.4	25.3	19.3
8	16.1	27.5	21.8
9	16.5	27.1	21.8
10	19.5	31.4	25.5
11	19.2	28.8	24.0
12	19.6	28.8	24.2

Durante a análise destes dados, observou-se que no Aeroporto, os registros eram realizados das 6:00hs às 23:00hs. Isto dificultaria a análise das temperaturas mínimas, uma vez em que poderiam estar ocorrendo antes das 6:00 hs.

A alternativa encontrada foi recorrer as médias históricas (1961 a 1990), fornecidas pela N.A.S.A . Estes dados, disponíveis pela internet ⁽⁵⁾, foram calculados a partir da interpolação de diversos parâmetros, através de método aperfeiçoado pela NASA.

Comparando as médias históricas da NASA com os valores diurnos medidos no aeroporto, observou-se que apresentavam curvas bastante aproximadas.

O gráfico a seguir, ilustra as variações de temperatura médias, médias de mínimas e médias de máximas, a partir dos dados da tabela 4.6 (NASA e Aeroporto).

⁵ Os Dados da NASA são disponibilizados através do seguinte site: UEA CRU New CRU05 climatology c6190: <http://ingrid.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.UEA/.CRU/.New/.CRU05/.climatology/.c6190/>

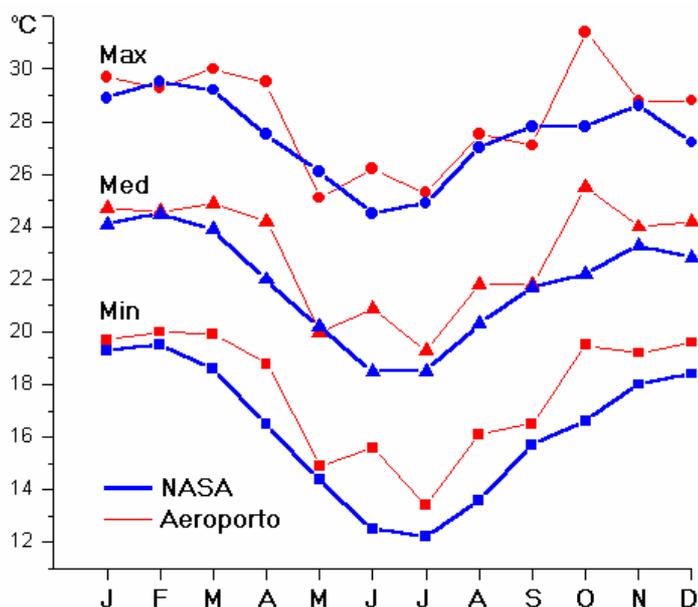


Gráfico 4.1: Temperaturas Médias, Médias de Mínimas e Médias de Máximas (NASA e Aeroporto).

Tabela 4.6: Normais climatológicas (NASA e Aeroporto)

mês	Aeroporto (2000 a 2003)			NASA (1961 a 1990)		
	MedMin	MedMax	Med	MedMin	MedMax	Med
1	19.7	29.7	24.7	19.3	28.9	24.1
2	20.0	29.3	24.6	19.5	29.5	24.5
3	19.9	30.0	24.9	18.6	29.2	23.9
4	18.8	29.5	24.2	16.5	27.5	22.0
5	14.9	25.1	20.0	14.4	26.1	20.2
6	15.6	26.2	20.9	12.5	24.5	18.5
7	13.4	25.3	19.3	12.2	24.9	18.5
8	16.1	27.5	21.8	13.6	27.0	20.3
9	16.5	27.1	21.8	15.7	27.8	21.7
10	19.5	31.4	25.5	16.6	27.8	22.2
11	19.2	28.8	24.0	18.0	28.6	23.3
12	19.6	28.8	24.2	18.4	27.2	22.8

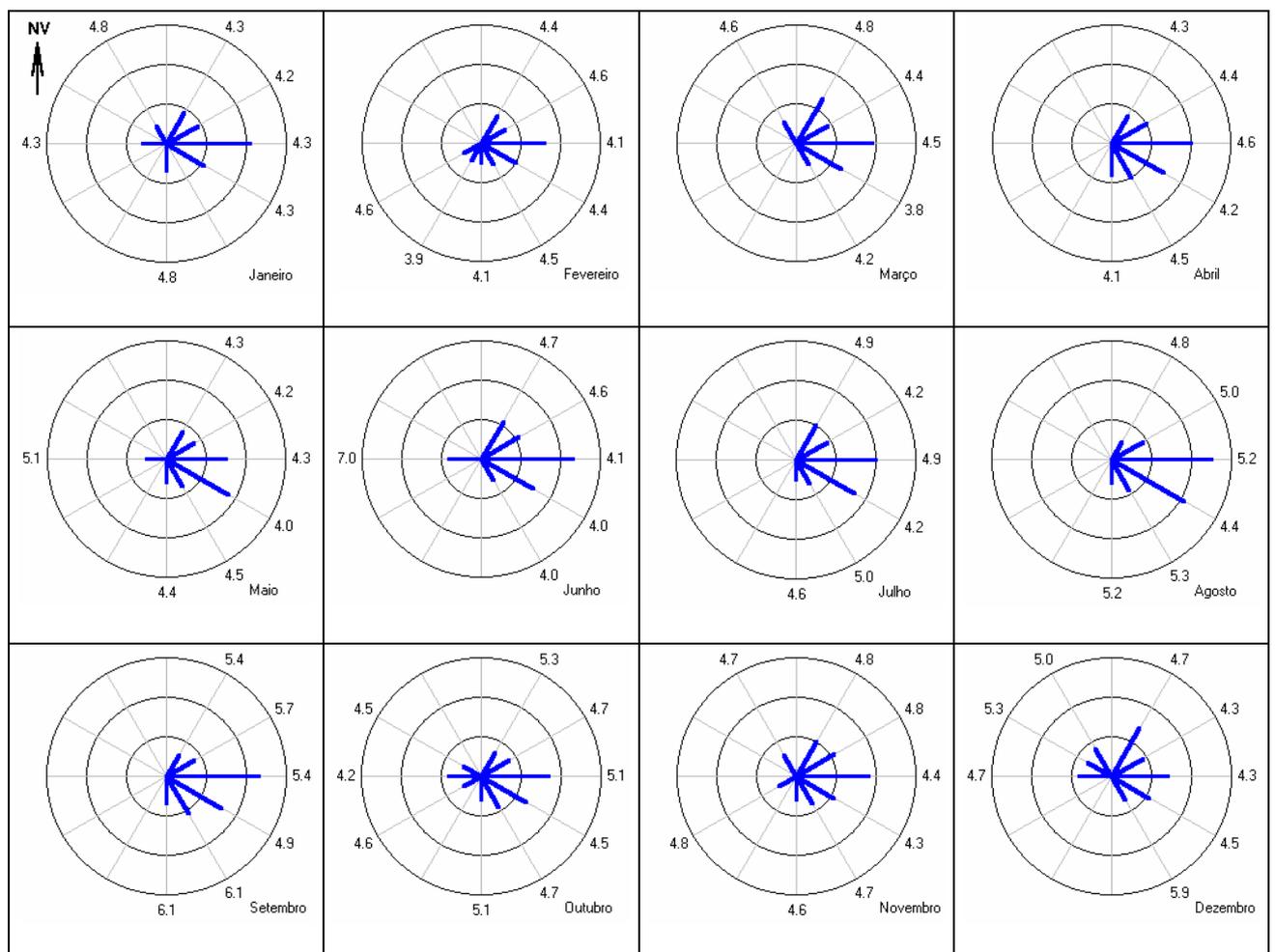
Definiu-se, portanto, as médias históricas da NASA, como representativas do mesoclima local. Conforme será demonstrado no desenvolvimento deste trabalho estes dados foram fundamentais para a elaboração dos mapas de variação de temperatura.

4.5.3. Ventos Predominantes

Embora o estudo dos ventos não tenha sido aprofundado, através de monitoramentos no interior da área urbana, considerou-se importante demonstrar as incidências predominantes de vento em Araraquara.

A partir dos dados fornecidos pelo Aeroporto Municipal de Araraquara, foram tabuladas a direção e a velocidade dos ventos para todos os meses do ano, conforme demonstra a tabela abaixo.

Tabela 4.7: Ventos registrados no Aeroporto de Araraquara. Julho/2000 a Maio/2002 (entre 6 e 23 horas) (RORIZ, documento não publicado).



Os círculos concêntricos correspondem a porcentagens do tempo (entre 0 e 30%), os números mostram as velocidades médias (m/s) em cada direção. O Norte Verdadeiro está indicado no gráfico de janeiro.

Durante a maior parte dos meses, os ventos dominantes sopram de Leste para Oeste. No mês de maio a primeira predominância corresponde aos ventos de 120 graus e em dezembro há uma mesma distribuição entre 30 e 90 graus.

5. Método de Trabalho

Conforme foi mencionado anteriormente, a realização de um mapeamento climático da cidade de Araraquara, proposto inicialmente pelo Projeto Aura, estimulou o desenvolvimento de um estudo mais aprofundado que possibilitasse avaliar as inter-relações entre as variações térmicas e o meio urbano.

A constatação da inexistência de dados climáticos na área urbana orientou a fase inicial deste trabalho, na medida em que, não só justificava seu desenvolvimento, como também impôs uma série de procedimentos de campo através dos quais foi possível registrar dados climáticos, em diferentes períodos do ano e em várias regiões da cidade com características tipológicas específicas.

Além dos parâmetros climáticos de temperatura, foi necessário quantificar alguns parâmetros de ocupação urbana, considerados teoricamente determinantes na formação de microclimas urbanos. Foram identificados: índices de construção, áreas pavimentadas, áreas asfaltadas, presença de vegetação, dados topográficos, proximidade de corpos d'água, ângulo de incidência solar ao meio dia e o nº. de habitantes por hectare (Hab/ha).

A caracterização do município de Araraquara foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e entre os documentos que auxiliaram esta identificação, podemos citar:

- Os dados climáticos do entorno urbano, fornecidos pelo aeroporto municipal e empresas localizadas no perímetro urbano;
- Os mapas planialtimétricos e de arruamento;
- As fotos aéreas do município;

- Os dados do IBGE, referentes ao número de habitantes por região censitária que possibilitou o cálculo do número de habitantes por hectare;
- Demais dados urbanos, tais como a localização dos rios e córregos que atravessam o município, praças e identificação das principais tipologias de ocupação urbana;
- Dados climáticos da NASA, baseados em 30 anos de medição.

O método de trabalho foi organizado em 3 etapas:

Etapa 1: Levantamento de dados: Divide-se em duas fases:

Fase 1.1: Parâmetros térmicos: Compreendeu o trabalho de campo onde foram realizados os monitoramentos de temperatura. Este tópico apresenta os instrumentos utilizados, os períodos de monitoramento, os locais medidos e a leitura dos dados de temperatura coletados para a identificação do “dia de referência” em cada monitoramento. Este dia corresponde ao dia médio do período mais estável de cada monitoramento, no qual foram identificadas as temperaturas mínimas, máximas e amplitude térmica para cada um dos pontos.

Fase 1.2: Parâmetros de ocupação urbana: Compreendeu a quantificação dos parâmetros de ocupação urbana, identificados a partir de um raio de influência ao redor de cada ponto. Inclui também a leitura digital dos dados topográficos, o cálculo do ângulo de incidência solar e os índices de proximidade de água.

Etapa 2: Análise qualitativa e quantitativa: Compreendeu a fase de análise de dados. Nas análises quantitativas, trabalhou-se com dois métodos estatísticos. Primeiramente, o banco de dados (composto pelos parâmetros térmicos e de ocupação urbana) foi utilizado nas análises estatísticas de Cluster, que possibilitaram agrupar os pontos em função de suas similaridades. Para cada um dos agrupamentos foram

realizadas análises de Regressão Linear Múltipla correlacionando os parâmetros de ocupação urbana com os parâmetros térmicos registrados durante os monitoramentos.

Etapa 3: Corresponde à fase de execução dos mapas de temperatura. Os dados resultantes da etapa 2 foram interpolados gerando mapas de temperatura mínima, temperatura máxima e amplitude térmica para os períodos “típicos” de inverno e verão.

5.1. Etapa 1: Levantamento de Dados:

5.1.1. Parâmetros térmicos

5.1.1.1. Instrumentos.

Utilizou-se um sistema automático de registradores eletrônicos, modelo Hobo, fabricados nos EE.UU pela Onset.

Tabela 5.1: Instrumentos de aquisição de dados

Identificação	Modelo	Dimensões (mm)	Precisão (a 20 °C)	Resolução (a 20 °C)
HB-395	 H08-032-08	102 x 81 x 51	±0.2 °C	0.02 °C
HB-132	 H08-004-2	68 x 48 x 19	±0.7 °C	0.38 °C
HB-133				
HB-487	 H08-003-2	68 x 48 x 19	±0.7 °C	0.38 °C
HB-488				
HB-489				
HB-490				
HB-491				
HB-492				
HB-493				

As primeiras medições revelaram que estes instrumentos são extremamente sensíveis a radiações térmicas, mesmo em ambientes internos. Para evitar que estas radiações afetassem as temperaturas medidas, os aparelhos foram instalados à sombra e no interior de recipientes de alumínio com pequenas aberturas que permitissem a livre circulação do ar.



Figura 5.1: Proteção contra radiação

As precauções tomadas durante a instalação dos equipamentos foram:

- Os equipamentos foram instalados sob beirais.
- Privilegiou-se a fachada sul das edificações, devido à não incidência de luz solar direta. Em alguns casos, onde não havia fachada sul disponível, observou-se alguma influência da radiação solar na leitura dos dados. Estes dados foram eliminados.

Foram realizados 5 monitoramentos, totalizando 41 pontos monitorados. Em cada ponto, os instrumentos registraram temperaturas do ar em intervalos de 10 minutos.

Tabela 5.2: Período de monitoramento em cada grupo

	Período Monitorado
Grupo 1	23 de Junho a 03 de julho de 2002
Grupo 2	06 a 15 de Agosto de 2002
Grupo 3	25 de Novembro a 04 de Dezembro de 2002
Grupo 4	30 de junho a 10 de julho de 2003
Grupo 5	6 a 11 de Setembro de 2003

5.1.1.2. Definição dos locais monitorados.

A escolha dos locais a serem monitorados foi feita a partir da caracterização dos aspectos da tipologia urbana, considerando:

- Altimetria,
- Densidade, uso e ocupação do solo,
- Revestimento do solo: presença de asfalto ou terra,
- Presença de água e vegetação no entorno,
- Segurança dos equipamentos,
- Proteção dos equipamentos contra intempéries.



Foto 1



Foto 2

Figura 5.2: Comparação entre diferentes tipologias de ocupação urbana.

A figura 5.2 ilustra dois exemplos de tipologias de ocupação. A foto 2 registra um trecho da Rua Voluntários da Pátria, que se configura como um extenso corredor sombreado, enquanto a foto 1 corresponde a Rua Padre Duarte onde não há áreas sombreadas.

A figura 5.3 localiza os pontos monitorados no mapa. Os números indicam o ponto monitorado. Os círculos coloridos, ao redor de cada número, correspondem ao período de monitoramento descrito na tabela 5.3.

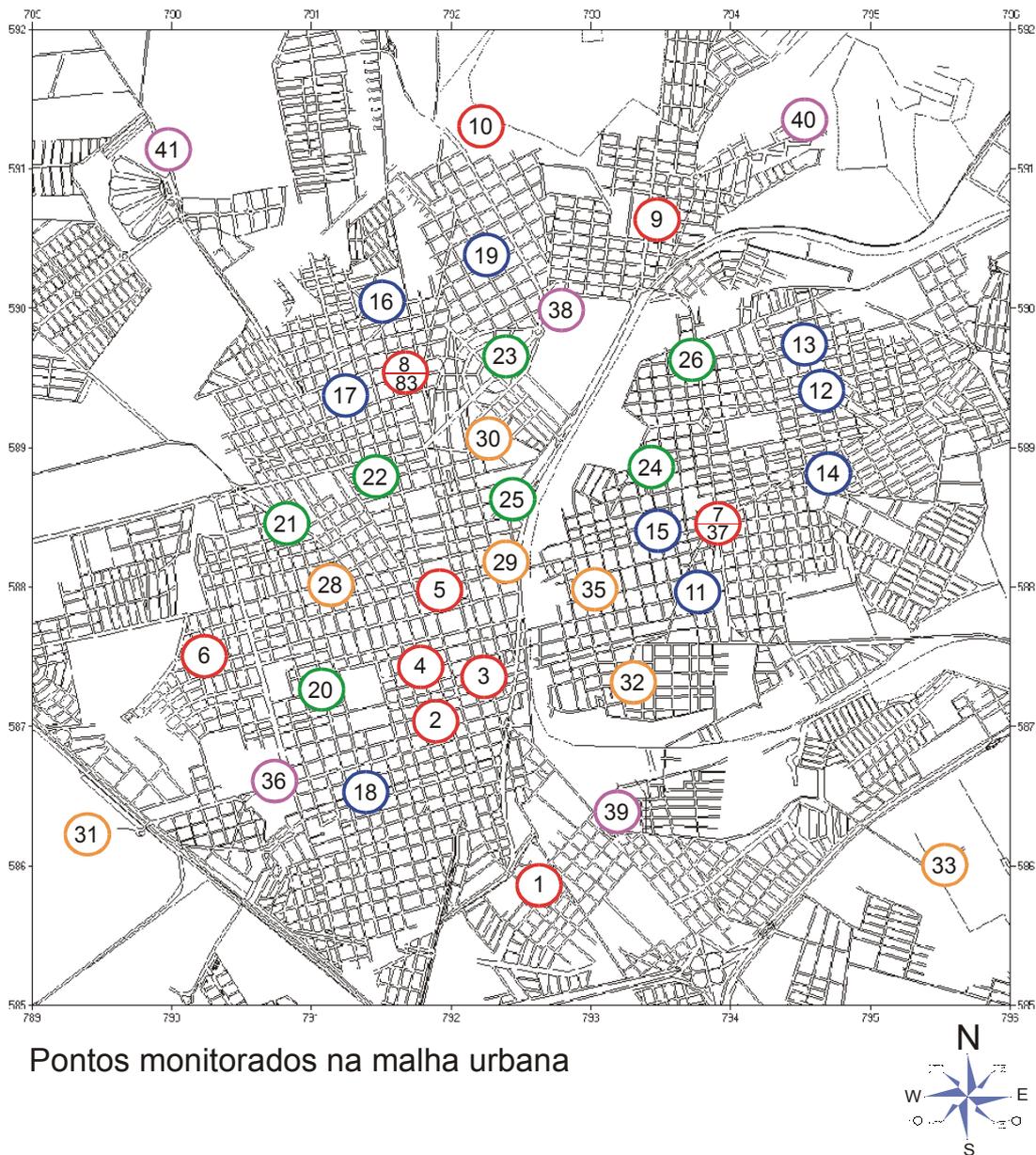


Figura 5.3: Localização dos pontos monitorados na malha urbana.

A tabela 5.3 apresenta os períodos de monitoramento e os endereços de cada ponto.

Tabela 5.3: Locais e períodos de monitoramento

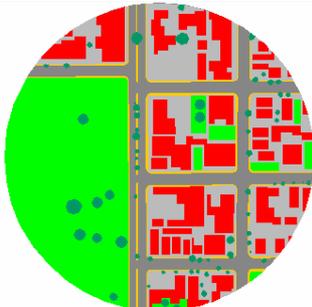
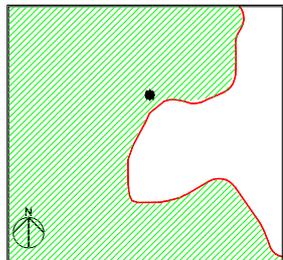
GRUPO 1 - MEDIÇÃO REALIZADA EM 23 DE JUNHO A 03 DE JULHO DE 2002		
PONTOS	HB	
1	488	R MIGUEL CORTEZ, 35
2	489	R VOLUNTÁRIOS DA PÁTRIA, 1185
3	487	R SÃO BENTO, 734
4	493	AV. ESPANHA, 780
5	492	R PADRE DUARTE, 2024
6	133	R ANGELO SALATA, 336
7	491	ALAMEDA PAULISTA, 1010
8	132	R SÃO BENTO, 2800
9	395	AV MAURÍCIO GALLI, 608 – PONTO DE REFERÊNCIA
10	490	REPRESA DO DAAE
GRUPO 2 - MEDIÇÃO REALIZADA DE 6 A 15 DE AGOSTO DE 2002		
PONTOS	HB	
92	395	AV MAURÍCIO GALLI, 608 - PONTO DE REFERÊNCIA
11	487	R JOSE RODRIGUES, 317
12	488	R INDIO BRASILEIRO BORBA, 210
13	489	AV NICOLAU JORGE LAUAND, 889
14	490	RUA CATANDUVA, 120
15	491	R PADRE ANTONIO CEZARINO, 1205
16	492	AV. PROFESSOR VIRGILIO DE ABRANGES QUINTÃO, 270
17	493	AV MANUEL RODRIGUES JACOB, 734
18	132	RUA IMACULADA CONCEIÇÃO, 1182
19	133	RUA AGOSTINHO TUCCI, 1695
GRUPO 3- MEDIÇÃO REALIZADA NO PERÍODO DE 25 DE NOVEMBRO A 04 DE DEZEMBRO DE 2002		
PONTOS	HB	
83	133	R SÃO BENTO 2800
93	395	AV MAURÍCIO GALLI 608 - PONTO DE REFERÊNCIA
133	132	AV NICOLAU JORGE LAUAND 889
20	487	R JOÃO GURGEL 1935
21	488	R PROF ADÉLIA IZIQUE 666
22	489	AV FREI LUIS SANTANA 1076
23	490	AV BENTO DE ABREU 914
24	491	R JOAQUIM QUINQUINO DE OLIVEIRA 68
25	492	VIA EXPRESSA
26	493	AV ALAMEDA PAULISTA 2337
GRUPO 4 - MEDIÇÃO REALIZADA DE 30 DE JUNHO A 10 DE JULHO DE 2003		
PONTOS	HB	
94	395	AV MAURÍCIO GALLI 608 - PONTO DE REFERÊNCIA
28	487	RUA COMENDADOR PEDRO MORGANTI, 2670.
29	488	RUA PRUDENTE DE MORAES, 80.
30	489	RUA SERVENTUÁRIO ANTÔNIO DI NARDO, 21.
31	491	FAZENDA HOTEL SALTO GRANDE
32	492	AV. VICENTE GERÔNIMO FREIRE, 130.
33	493	AEROPORTO
35	133	AV. MAJOR DARIO DE CARVALHO, 256.

GRUPO 5 – MEDIÇÃO REALIZADA DE 05 A 15 DE SETEMBRO DE 2003		
PONTO	HB	
95	395	AV MAURÍCIO GALLI 608 - PONTO DE REFERÊNCIA
36	487	QUITANDINHA EM FRENTE A CETESB
37	488	ALAMEDA PAULISTA
38	489	AV BENTO DE ABREU – DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO
39	491	CONCESSIONÁRIA HONDA
40	492	VALE DO SOL
41	493	JARDIM IMPERADOR

Determinou-se o ponto 9, localizado na Rua Maurício Galli, como estação de referência, cuja leitura foi realizada em cinco grupos de medição. O ponto de referência equivale aos números 9, 92, 93, 94 e 95 da tabela 5.3.

A escolha deste local como estação de referência ocorreu em função das facilidades de instalação e segurança dos equipamentos.

Tabela 5.4: Ponto 9 (Rua Maurício Galli)

VISUALIZAÇÃO DO PONTO DE REFERÊNCIA		
PONTO 9	Raio ao redor do ponto	LOCALIZAÇÃO
		
<p>Uso do solo e padrões de ocupação Corresponde aos bairros periféricos situados na região Norte da cidade. Concentram loteamentos residenciais com alto índice de crescimento. Usos predominantemente residenciais, de 1 a 2 pavimentos. A Rua Maurício Galli é um importante eixo de ligação, onde há a predominância de usos comerciais e de serviços. Interliga-se ao centro da cidade pela Av. Maria A. C. de Almeida que margeia a linha férrea.</p>		

5.1.1.3. Leitura de dados de temperatura.

Após cada período de monitoramento, realizou-se uma análise preliminar de cada ponto, avaliando os dados registrados e comparando a variação em cada ponto com o ponto de referência. O gráfico 5.1 ilustra a comparação entre o ponto 9

(referência) e o ponto 8. A variação registrada no ponto 9 equivale à linha vermelha, enquanto a linha azul representa o ponto 8.

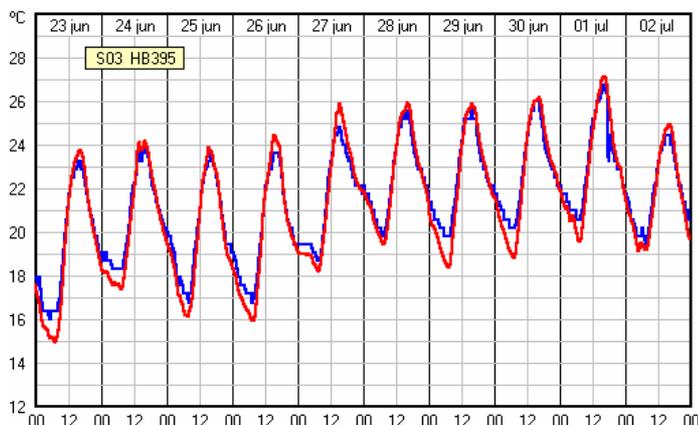


Gráfico 5.1: Comparação entre as temperaturas registradas no ponto de referencia (9) e no ponto 8, nos 10 dias monitorados.

Com base nesta análise preliminar, foi possível identificar o comportamento de cada ponto durante os 10 dias de monitoramento, identificando possíveis problemas de leitura durante os registros.

As leituras realizadas no ponto 13 foram excluídas, pois apresentaram interferência da radiação solar em função de um erro no posicionamento do aparelho HOBO. O sensor foi instalado em local inadequado para a medição de temperaturas externas, com pouca ventilação, e muito próximo a uma cobertura escura de fibrocimento cuja radiação térmica certamente aqueceu todas as superfícies e, por convecção, as próprias temperaturas do ar. Por este motivo, estes dados foram eliminados e a leitura foi realizada novamente no terceiro bloco de medições (ponto 133).

Além do ponto 13, também as leituras nos pontos 7 e 8 foram novamente realizadas. O ponto 8 foi medido novamente durante o mês de novembro (ponto 83) e o ponto 7 em setembro (ponto 37). Este procedimento teve como objetivo verificar se a variação térmica dos pontos em relação ao ponto de referência mantinha-se constante.

A escolha destes pontos deu-se em função dos seguintes aspectos:

- Os pontos 7 e 8 localizam-se em duas regiões distintas da malha urbana. O ponto 7 localiza-se na região à leste da ferrovia, onde se encontram as maiores cotas do relevo. O ponto 8 por sua vez está localizado a noroeste e apresentou a maior estabilidade térmica registrada em seu grupo;
- Devido às condições topográficas, o ponto 7 está mais suscetível à direção dos ventos predominantes (leste –oeste);
- Em relação às tipologias de ocupação, os dois pontos estavam inseridos em regiões com padrão de ocupação de 1 a 2 pavimentos. No entanto, o ponto 7 localiza-se em um eixo comercial bastante movimentado, enquanto no ponto 8 a predominância de usos é residencial;

O mapa abaixo identifica os pontos 7, 8 e 9 (ponto de referência). A linha vermelha corresponde à ferrovia.

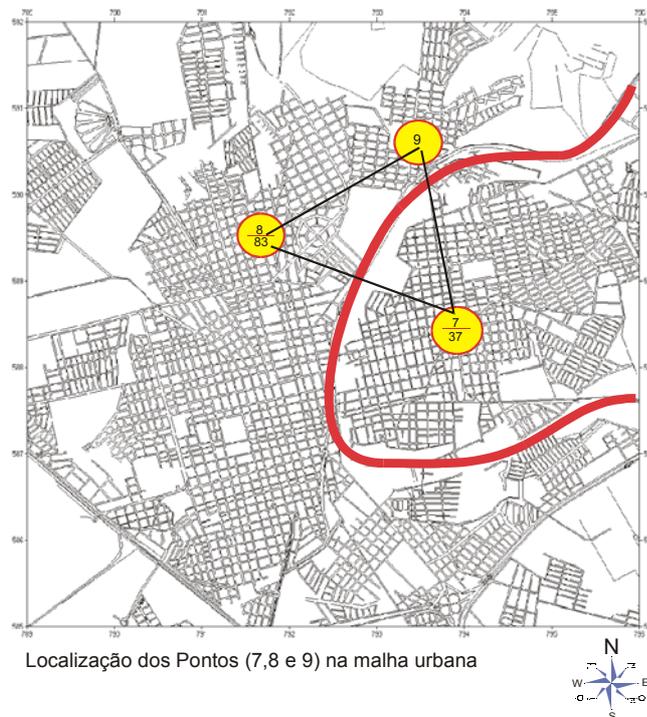


Figura 5.4: Localização dos pontos 7, 8 e 9 na malha urbana.

5.1.1.4. Definição do “dia de referência” em de cada monitoramento.

A partir dos registros realizados em cada ponto, identificaram-se as temperaturas mínimas e máximas para cada um dos dias de monitoramento. A tabela 5.4 apresenta os dados referentes às temperaturas mínimas registradas no grupo 1 (monitoramento realizado no período de 23 de junho a 03 de julho de 2002).

Onde:

D = dia

T = temperatura mínima registrada

Tabela 5.5: Temperaturas mínimas registradas em cada dia para os pontos de 1 a 10.

Min	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
D1	14.09	16.00	14.85	13.70	13.70	14.47	12.93	16.00	14.85	12.55
D2	15.62	17.14	16.76	15.62	16.00	16.00	15.23	18.28	17.52	13.32
D3	15.23	16.76	16.00	14.47	15.23	15.23	14.09	16.76	16.00	12.16
D4	14.09	16.00	16.00	14.47	14.47	14.85	13.70	16.76	16.00	11.77
D5	16.38	18.28	18.66	17.52	17.14	16.38	16.38	18.66	18.28	15.62
D6	16.76	19.04	18.28	19.04	18.28	19.42	17.52	19.81	19.42	14.09
D7	15.62	17.90	18.28	17.52	17.14	16.38	15.23	19.81	18.28	12.55
D8	16.38	18.28	19.04	18.28	17.52	16.00	16.76	20.19	18.66	11.77
D9	17.14	19.04	19.81	19.42	18.66	16.38	17.52	20.57	19.42	13.70
D0	17.14	19.04	19.04	18.28	17.90	16.00	16.76	19.42	19.04	14.09
méd	15.85	17.75	17.67	16.83	16.60	16.11	15.61	18.63	17.75	13.16

A identificação dos parâmetros térmicos em cada um dos pontos poderia ser realizada a partir das médias de temperaturas mínimas e das médias de temperaturas máximas nos 10 dias de monitoramento. Na tabela 5.5, a última linha mostra as médias de temperaturas mínimas para cada um dos pontos do grupo 1. No entanto, estas médias poderiam apresentar desvios, em função de instabilidade provocada, por exemplo, pela entrada de uma frente fria.

Optou-se, portanto, em identificar o dia médio do período de maior estabilidade de cada conjunto de medidas, denominado como “dia de referência”.

A análise do período de estabilidade foi realizada observando-se o gráfico das variações de temperatura nos 10 dias de monitoramento em cada um dos pontos.

No grupo 5, por exemplo, os 3 últimos dias de monitoramento foram desprezados, devido à entrada de uma frente fria.

Após as verificações, Identificaram-se os seguintes “dias de referência” de cada grupo de monitoramento.

Tabela 5.6: Dia de Referência em cada período de monitoramento.

Grupo 1	dia de referência	27 de junho
Grupo 2	dia de referência	10 de Agosto
Grupo 3	dia de referência	01 de Dezembro
Grupo 4	dia de referência	04 de Julho
Grupo 5	dia de referência	08 de Setembro

Dos 5 grupos, 3 monitoramentos correspondiam a períodos de inverno (junho, julho e agosto) e apenas um, ao período de verão (novembro). De forma a não restringir o número de pontos nas análises estatísticas seguintes, optou-se por trabalhar com valores de variação de temperatura (ΔT).

Considerou-se que a variação de temperatura de cada ponto mantinha-se constante em relação ao ponto 9 (ponto de referência), independentemente do mês de monitoramento. O segundo passo foi normalizar as temperaturas dos 41 pontos em relação ao ponto 9 (ponto de referência de cada grupo), conforme demonstrado na tabela 5.7.

Tabela 5.7: Cálculo da Variação de temperatura mínima com relação ao ponto 9

Temperatura mínima medida (dia médio de cada período)			
$\Delta T_{min} medida = T_{min} (ponto "n") - T_{min} (ponto 9)$			
Pontos	Tmin (dia típico)	Tmin. (ponto 9)	Resultado
1	16,38	18,28	-1,9

Verificou-se, se os valores de ΔT_{min} e ΔT_{max} mantinham-se constantes nos pontos 7 e 8. Conforme foi mencionado anteriormente, o ponto 7 foi medido durante os meses de junho e setembro (2ª medição = ponto 37), enquanto no ponto 8 realizou-se novo monitoramento no mês de Novembro (ponto 83).

Tabela 5.8: Variação de Temperatura em relação ao ponto 9

Variação de Temperatura em relação ao ponto 9						
Mês de monitoramento	Dia médio	Pto	Tmin	ΔT_{min}	Tmax	ΔT_{max}
junho	27	7	16,38	-1,9	28,31	2,36
junho	27	8	18,66	0,38	24,79	-1,16
dezembro	01	83	24,4	0,19	33,17	-1,81
setembro	08	37	17,9	-2,02	33,71	2,34

5.1.2. Parâmetros de ocupação urbana

Foram registrados, para cada ponto, alguns dos parâmetros físicos teoricamente determinantes na formação dos micro-climas: altitude, ângulo de incidência dos raios solares ao meio-dia e porcentagens de índice de ocupação, superfícies asfaltadas, superfícies cimentadas, áreas gramadas ou arborizadas. Calculou-se também a distância de cada ponto aos corpos d'água existentes na malha urbana e os valores de habitantes por hectare (Hab/ha). O índice de ocupação corresponde à projeção de área construída.

Além dos 41 pontos, onde se realizaram os monitoramentos de temperatura, foram definidos mais 23 pontos onde apenas os parâmetros de ocupação urbana foram quantificados. Definiu-se uma quadrícula sobre o mapa da área urbanizada de forma que cada célula correspondente a 1km contivesse pelo menos 1 ponto demarcado.

A figura 5.5 identifica os 64 pontos quantificados. Os círculos em cinza, numerados de 45 a 69, representam os pontos cujas temperaturas não foram medidas. Este procedimento foi tomado visando a posterior interpolação dos dados de temperatura que originaria os mapas.

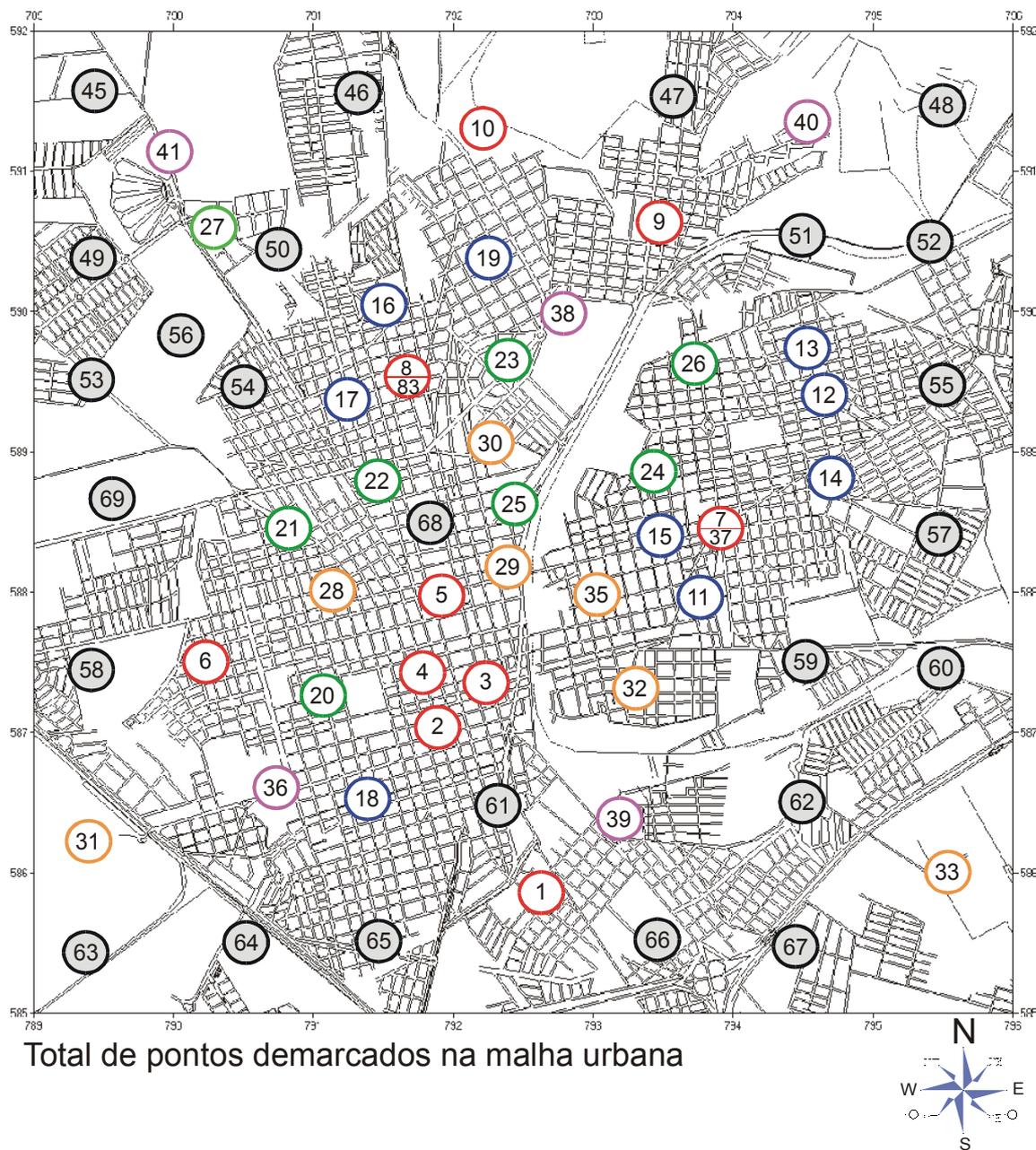


Figura 5.5: Total de pontos identificados na malha urbana

5.1.2.1. Índice de ocupação, superfícies pavimentadas, gramadas e arborizadas.

Para quantificar as respectivas porcentagens de cada elemento (edificação, asfalto, grama, etc.) foi necessário adotar algum raio de influência dos mesmos em torno de cada um dos pontos. Por exemplo: A existência de um conjunto de árvores exerceria influência climática em um raio de quantos metros? A resposta foi obtida, através de tentativas, iniciando-se as análises de regressão, arbitrariamente, com um raio de 250 metros e variando-o progressivamente até que apresentassem melhores correlações. Deste processo resultou um raio de 150 metros.

Determinou-se uma cor para cada uma das superfícies a ser identificadas, na foto aérea do município (ortofoto), dentro do raio de influência ao redor de cada ponto. A tabela 5.9 mostra as cores adotadas para cada superfície.

Tabela 5.9: Tipos de superfícies identificadas.

Tipo de superfície	Cor representativa
Índice de ocupação	vermelho
Gramma	verde claro
Áreas pavimentadas	cinza
Áreas asfaltadas	grafite
Água	azul
Arvores	verde escuro

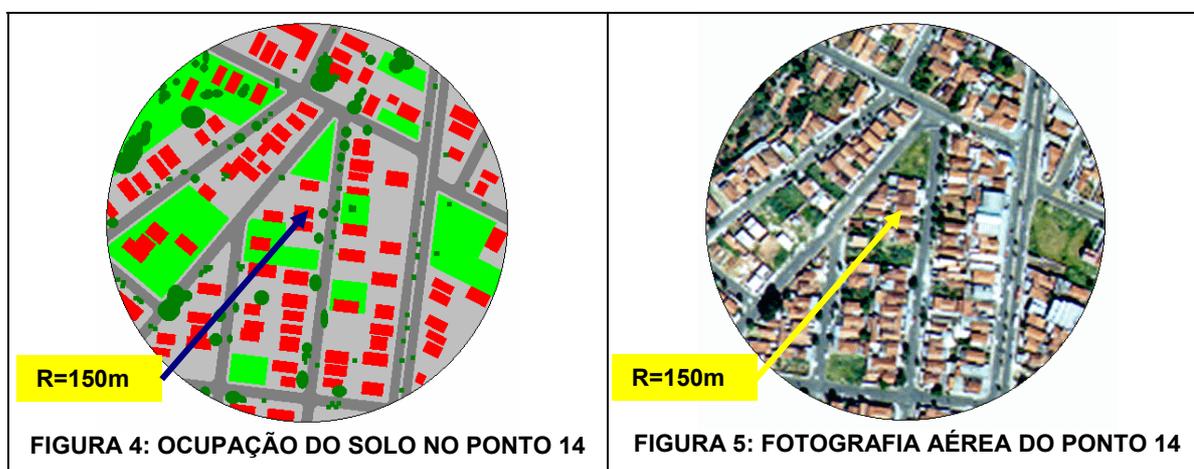
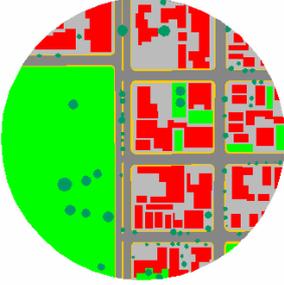


Figura 5.6: Imagem do raio de influência de cada ponto.

Um programa computacional foi desenvolvido para ler as cores determinadas, transformando-as em porcentagens correspondentes a cada um dos parâmetros identificados.

Tabela 5.10: Quantificação dos parâmetros de ocupação urbana através de leitura das cores.

PONTO 9	COR	ELEMENTO	%
		Gramma	33%
		Árvores	2,30%
		Água	0%
		Áreas asfaltadas	20.4%
		Áreas pavimentadas	27.8%
		Projeção de área construída	16.4%

5.1.2.2. Altitude

As altitudes foram identificadas em base digital de dados topográficos.

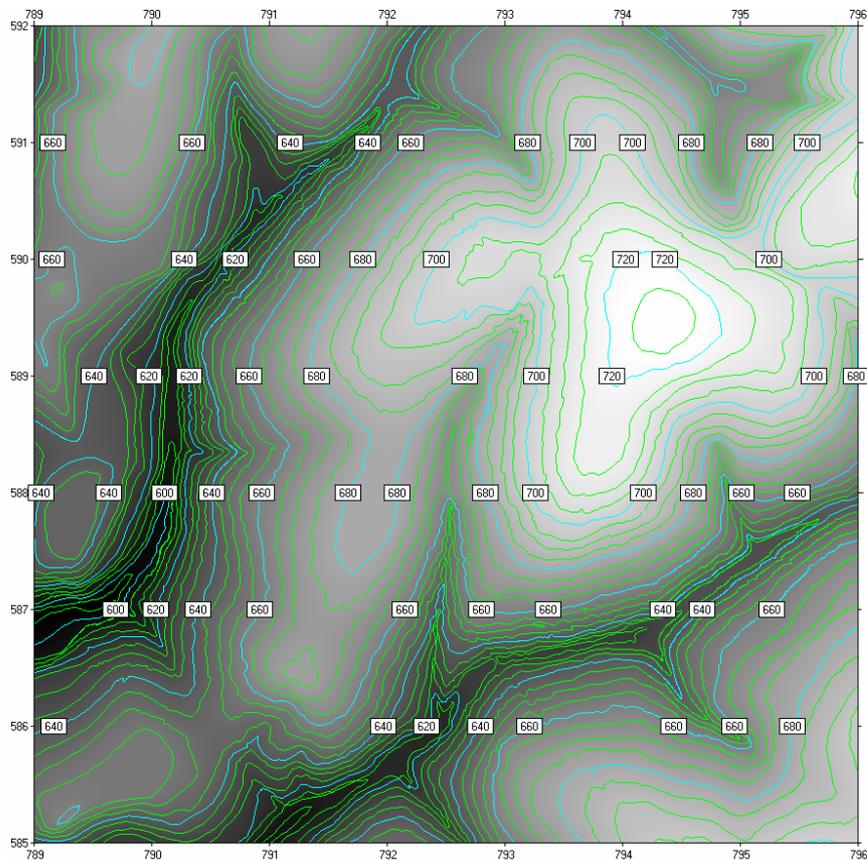


Figura 5.7: Dados topográficos (cotas de 5 em 5 metros)

5.1.2.3. Ângulo de Incidência Solar

Para cada ponto medido na malha urbana, calculou-se o ângulo de incidência solar para o meio dia do dia médio do período e em função da declividade do solo.

Este ângulo varia com as horas do dia, com a época do ano e em função da latitude do lugar. Quanto menor o ângulo, maior a quantidade de energia solar que atinge cada unidade da superfície, desempenhando, portanto, uma influência significativa nas análises seguintes.

A equação abaixo fornece este ângulo.

$$DEC = A + B \cos N + C \sin N + D \cos 2N + E \sin 2N + F \cos 3N + G \sin 3N \quad (1)$$

Onde:

Tabela 5.11: Dados para o cálculo do ângulo de Incidência solar. N=1

DEC = Declinação solar (ângulo em graus)			
N = Número do dia no ano (N =1 em 1/Jan e N =365 em 31/Dez)			
A = 0,33281	B = -22,984	C = 3,7872	D = -0,3499
E = 0,03205	F = -0,1398	G = 0,07187	N = 2π·N/366

A figura abaixo representa graficamente como é obtido o ângulo de Incidência solar.

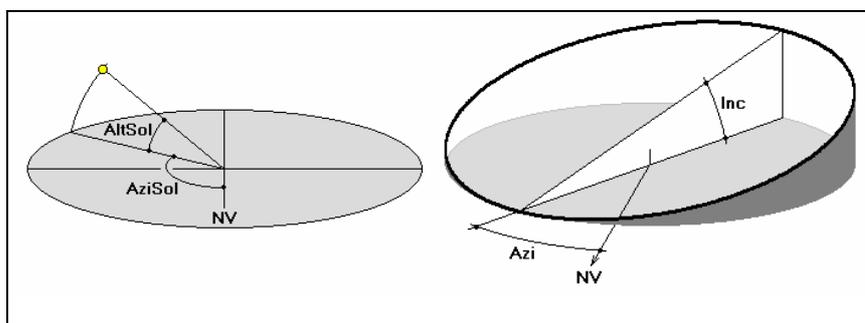


Figura 5.8: Representação gráfica do Ângulo de Incidência solar

Para obter este ângulo foram identificadas as altitudes e os azimutes de em cada um dos pontos. O mapa da Figura 5.9 mostra os azimutes em cada ponto:

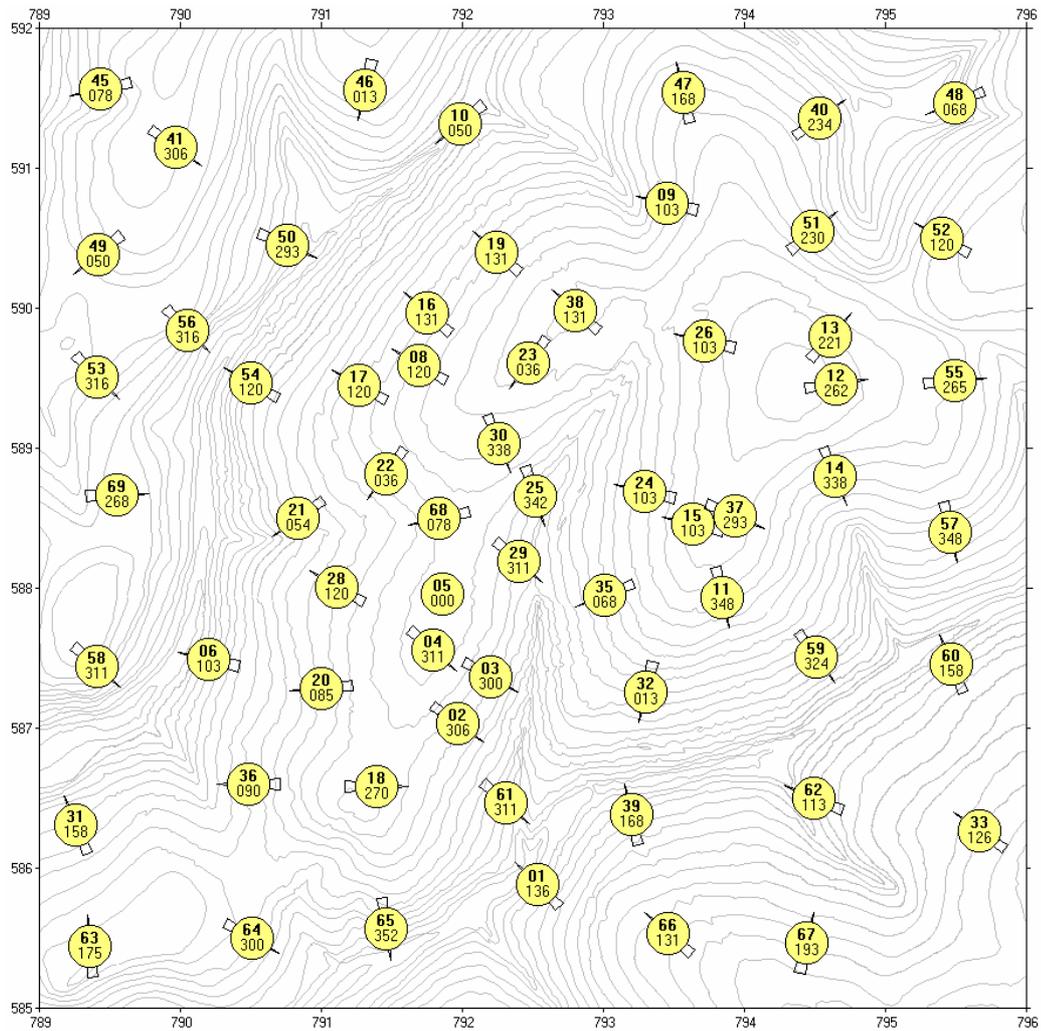


Figura 5.9: Azimute da linha de maior declividade em cada ponto monitorado.

A tabela com os valores do ângulo de Incidência solar nos 64 pontos é apresentada no Anexo 3.

5.1.2.4. Proximidade de corpos d'água

Os índices de proximidade de corpos d'água indicam a distância e a influência das superfícies de água em relação a cada um dos 64 pontos determinados. Para se obter este índice, utilizou-se o método de Interpolação de pontos desenvolvido por Roriz (1999).

Para estimar o índice de água em cada um dos pontos calculou-se a média ponderada entre a distância de cada ponto ao corpo d'água mais próximo e a área de água equivalente. O processo de média ponderada é descrito por Roriz (1999), como:

Processo de média ponderada – Pressupõe que o Índice de água de cada ponto seja a média ponderada entre os índices de água conhecidos. Considera, ainda, que a influência relativa (peso) de cada ponto cujo índice é conhecido, seja inversamente proporcional a alguma potencia da distância entre este e o ponto cujo índice se pretende determinar.

Considerou-se o ponto 10, situado à beira da represa do DAAE (Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara), como o índice máximo (100), o que equivale dizer que este valor corresponde a menor distância para o maior volume de água. O ponto 63, no canto inferior esquerdo do mapa, tem o menor índice de todos (18.4).



Figura 5.10: Foto da Represa do DAAE (Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara)

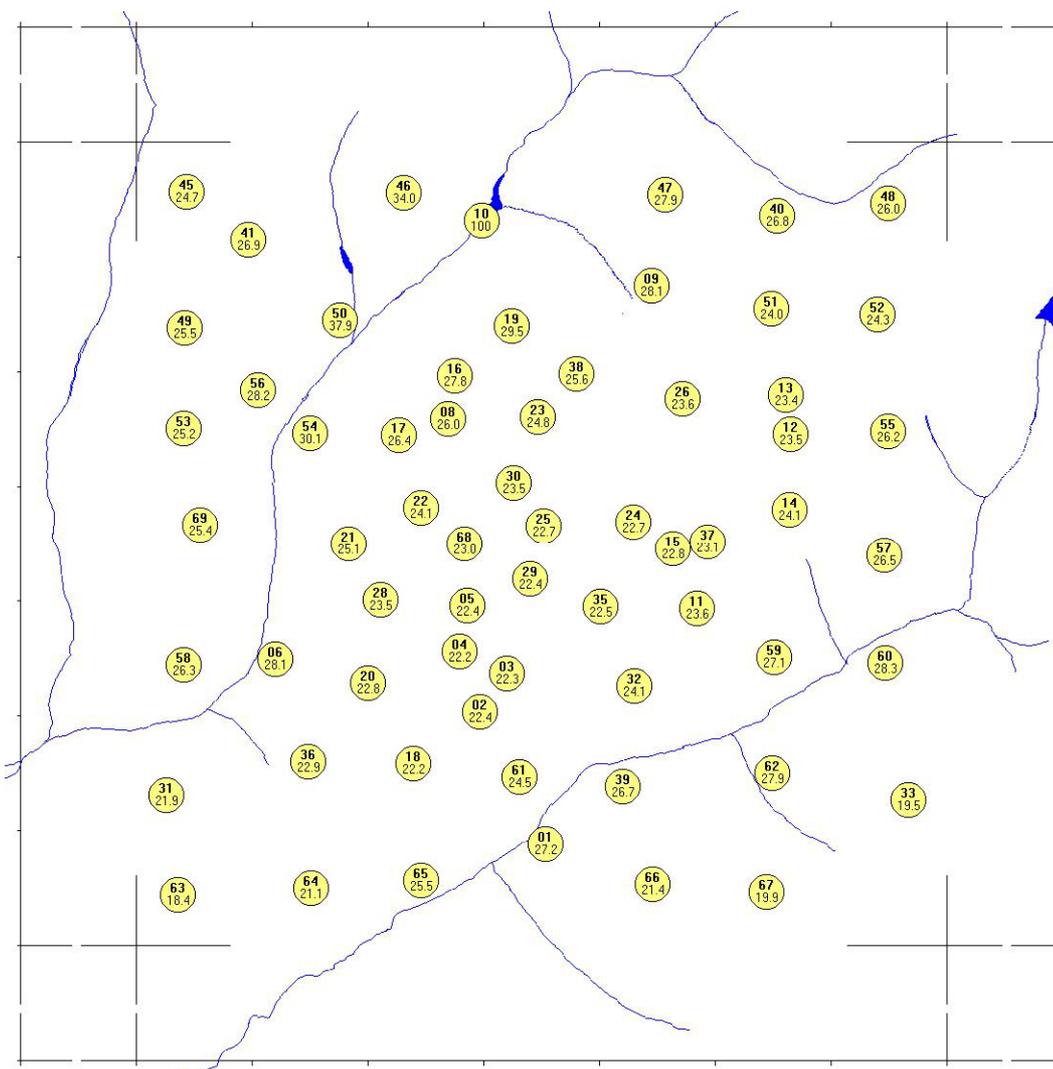


Figura 5.11: Distância dos 64 pontos aos corpos d'água.

A tabela com os índices de proximidade de água nos 64 pontos é apresentada no Anexo 3.

5.1.2.5. Número de habitante por hectare

O número de habitantes por hectare (HAB/ha) foi calculado com base nos dados de número de habitantes por região censitária fornecido pelo IBGE (2000). Para se calcular a área de cada região censitária foram tomados os seguintes procedimentos:

1. Inseriu-se o mapa 7x7 Km no mapa do IBGE, sendo descartadas as regiões localizadas fora deste limite, uma vez em que o mapa do IBGE abrangia uma região maior que a considerada neste estudo. A figura abaixo ilustra este procedimento.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
ESTATCART

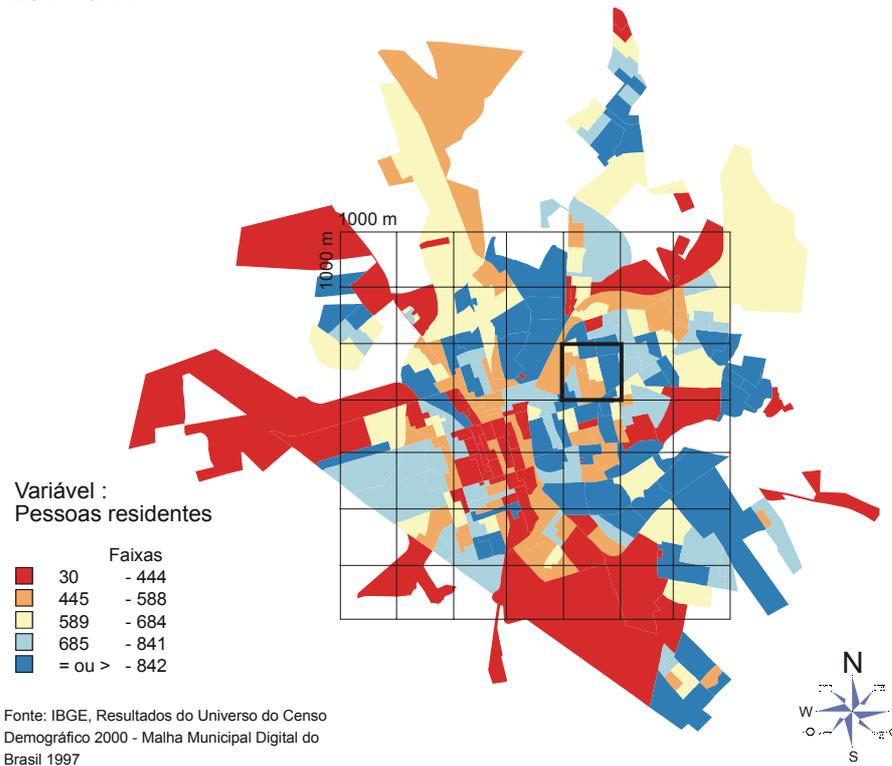


Figura 5.12: Esquema gráfico para o cálculo de Hab/ha feito a partir da Figura 4.7

2. Em cada quadrícula equivalente a 1x1Km foram demarcadas, com cores diferentes, as regiões censitárias. Posteriormente, calculou-se o número de “pixels” de cada cor. Considerando:

$$\begin{aligned} \text{Área do mapa} &= 7 \times 7 \text{ Km} = 840 \times 840 \text{ pixels} \\ \text{Portanto: } 1 \text{ pixel} &= 8,33 \text{m} \end{aligned}$$

3. Os “pixels” foram convertidos em área e o valor resultante foi dividido pelo número de habitantes de cada região. Nas regiões cujos limites ultrapassaram o quadro de 7x7 foi calculado o número de habitantes proporcional à nova área. Posteriormente, identificou-se no mapa a localização de cada um dos 64 pontos. A tabela com o número de Hab/ha nos 64 pontos é apresentada no Anexo 3.

5.2. Etapa 2: Análise de dados:

5.2.1. Análise qualitativa:

Inicialmente realizou-se análises de regressão Linear Múltipla para ΔT_{min} e ΔT_{max} para os 41 pontos monitorados. No entanto, observou-se que embora os resultados indicassem tendências da influência da ocupação urbana nas variações de temperatura, as correlações, só atingiam um número aceitável, a medida em que alguns pontos eram excluídos do conjunto.

Analisando as características individuais de cada ponto, concluiu-se que seria muito difícil encontrar uma equação que explicasse todo fenômeno de uma só vez, à medida que havia características muito peculiares em conjuntos de pontos, que diferenciavam significativamente seu comportamento térmico.

A alternativa proposta foi realizar o agrupamento dos pontos em função de suas similaridades, para que posteriormente as análises de correlação fossem aplicadas, isoladamente, em cada um dos conjuntos formados. Inicialmente, este agrupamento foi realizado qualitativamente, levando-se em conta os valores dos parâmetros de ocupação urbana em cada um dos 41 pontos monitorados. As figuras abaixo ilustram as análises realizadas.

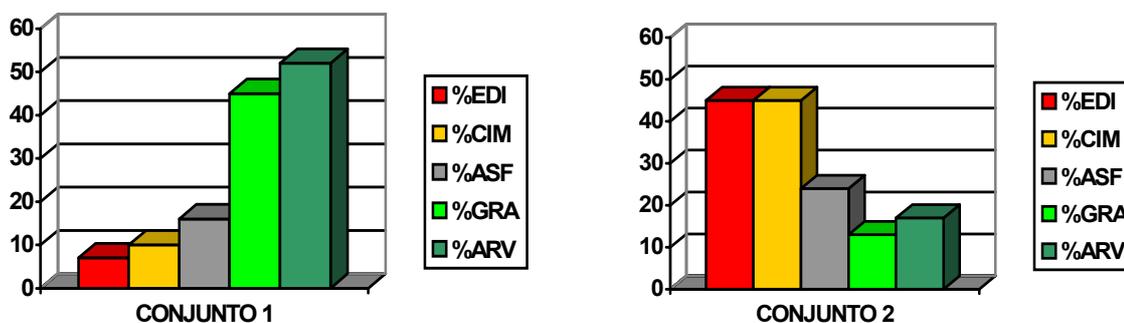


Figura 5.13: Comparações qualitativas em agrupamento de pontos.

Esta análise foi de grande importância para aprofundar a compreensão da área urbana. No entanto, o agrupamento dos pontos realizado pelo método intuitivo poderia gerar equívocos de interpretação, tanto em relação aos valores agrupados quanto em relação aos parâmetros utilizados para cada agrupamento. Assim, optou-se por realizar estes agrupamentos através do método estatístico de Análise de Cluster. A análise de Cluster não só possibilitou agrupar os pontos em função de suas similaridades, como demonstrou que os parâmetros utilizados eram coerentes.

5.2.2. Análises quantitativas.

5.2.2.1. Análise de Cluster.

Análise de Cluster: algoritmo que possibilita organizar dados observados em estruturas significantes, ou seja, desenvolver taxionomias. O propósito deste algoritmo é unir “objetos” em sucessivos agrupamentos utilizando alguma medida de semelhança ou distância. Um resultado típico deste tipo de agrupamento é a árvore hierárquica.

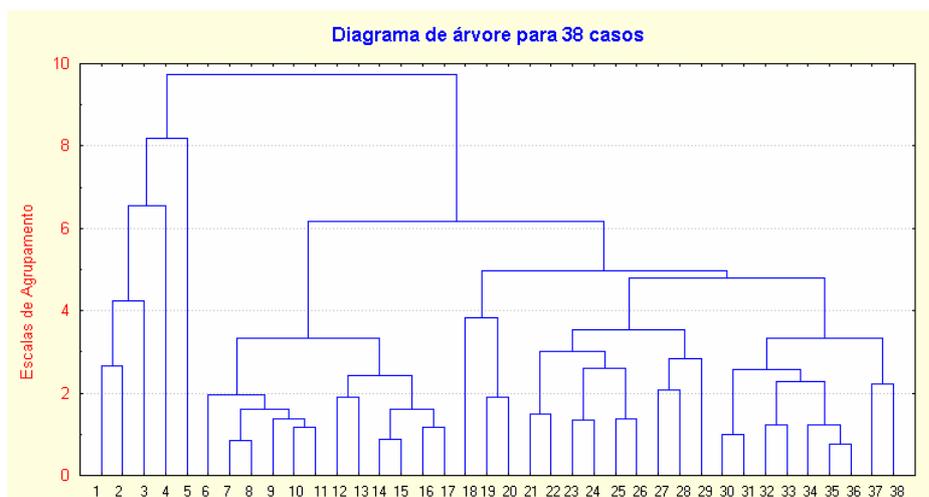


Figura 5.14: Exemplo genérico de agrupamento em árvore hierárquica para 38 casos.

Neste tipo de agrupamento à distância que define a associação dos “objetos” é determinada pelo método matemático de distância Euclidiana. A identificação dos agrupamentos formados é realizada pela leitura do diagrama. Os números à esquerda indicam as escala de observação, enquanto a linha inferior identifica os nomes dos objetos agrupados. Quanto menor a escala de observação, maiores são as semelhanças entre os pontos.

Utilizando a análise de Cluster, os 64 pontos definidos foram agrupados em função dos seguintes parâmetros: índice de ocupação, % de asfalto, % de áreas pavimentadas, % de árvores, % de grama, nº de Hab / ha, Índice de proximidade de água, ângulo de Incidência solar e altitude.

A análise de Cluster foi aplicada ao período de inverno, considerando os valores de ângulo de Incidência solar do dia 27 de junho. De forma a verificar a coerência dos agrupamentos formados, uma segunda análise compreendeu o período de verão, considerando os valores de ângulo de incidência solar do dia 01 de Dezembro.

Nos dois períodos analisados, os resultados foram satisfatórios. No entanto, considerou-se o agrupamento de inverno suficiente para estimar, através das análises seguintes, a temperatura dos pontos não medidos.

5.2.2.2 Análise de regressão linear múltipla.

Regressão Múltipla: extensão da Regressão linear simples, que busca descrever o relacionamento entre uma variável de resposta (dependente) e duas ou mais variáveis independentes.

Após a identificação dos agrupamentos formados no período de inverno, realizaram-se as análises de Regressão Linear Múltipla para cada conjunto de pontos, correlacionando os parâmetros de ocupação urbana com os dados de temperatura obtidos nos monitoramentos.

Através das equações resultantes para ΔT min e ΔT máx foi possível estimar a temperatura dos pontos não medidos.

5.3. Etapa 3: Procedimento para a elaboração dos mapas de temperatura.

A elaboração dos mapas de temperatura para os períodos de inverno e verão foi realizada através do método de interpolação de pontos desenvolvido por Roriz (1999).

5.3.1. Mapas do período de inverno (27 de junho).

Os valores de ΔT min e ΔT máx dos 41 pontos monitorados foram convertidos para °C, tomando-se como referência os valores medidos no ponto 9 no período de junho. Assim:

$$\underline{\Delta T_{\min} = T_{\min} (\text{pto "n"}) - T_{\min} (\text{pto 9})} \quad (1)$$

Portanto:

$$\underline{T_{\min} (\text{pto "n"}) = \Delta t_{\min} + T_{\min} (\text{pto 9})} \quad (2)$$

Considerando o ponto 1, cujo $\Delta T_{\min} = -1,9$

$$T_{\min} (\text{pto 9}) = 18,28^{\circ} \text{ C}$$

Portanto:

$$T_{\min} (\text{pto1}) = -1,9 + 18,28^{\circ} \text{ C}$$

$$\underline{T_{\min} (\text{pto1}) = 16,38^{\circ} \text{ C}}$$

Assim, obteve-se a temperatura para o dia 27 de junho nos 41 pontos monitorados. Nos pontos não medidos (45 a 69) os valores de ΔT min e ΔT máx foram obtidos através das equações de regressão, considerando os agrupamentos gerados pelas análises de Cluster no período de inverno.

Por exemplo, o ponto 45 foi agrupado aos pontos 25, 31, 32, 33, 40 e 41. Neste agrupamento a análise de regressão linear múltipla gerou a seguinte equação para ΔT min:

$$\underline{\Delta T_{\text{min}} \text{ estimada} = -7,8 - 0,09 \cdot \text{col(D)} + 0,35 \cdot \text{col(J)} - 0,03 \cdot \text{col(C)} + 0,21 \cdot \text{col(I)}} \quad (3)$$

Onde:

col (D) = % de árvores

col (J) = índice de água

col (C) = % de grama

col (I) = $\Delta \text{ângIncSolar}$, que corresponde ao valor do ângulo de incidência solar no ponto menos o valor do ângulo de incidência solar no ponto 9.

$$\underline{\Delta \text{ângIncSolar} = \text{ângIncSolar}(\text{pto "n"}) - \text{ângIncSolar}(\text{pto 9})}$$

- valores do meio dia do dia 27 de junho

Assim, para o ponto 45;

Tabela 5.12: Exemplo de cálculo para obtenção de Tmin (inverno) nos pontos não medidos.

	Parâmetros de Ocupação urbana					
	C	D	I	J		$\Delta t_{\text{min}} + T_{\text{min}}(9)$
Ponto	%GRA	%ARV	$\Delta \text{ang IncSolar}$	Água	Δt_{min} estimado	Tmin calculado
45	65,3	28	-1,38	24,7	-3,92	14,4 ° C

A interpolação destes parâmetros térmicos resultaria em mapas de temperatura referentes a um período de inverno genérico, não correspondendo

necessariamente a um comportamento “típico”, onde normalmente trabalha-se com dados históricos de 30 anos.

Portanto, foi necessário ajustar estes valores de forma que correspondessem a períodos “típicos” de inverno.

Através dos dados históricos da NASA, obteve-se este fator de ajuste que foi aplicado às temperaturas medidas e estimadas para no período de inverno.

O fator de ajuste (Fta) foi calculado para ponto 33 (aeroporto) e aplicado aos demais pontos.

Assim, o Fta1 corresponde ao fator de ajuste das temperaturas mínimas de inverno, calculado da seguinte forma:

$$Fta1 = T_{min} \text{ Nasa (inverno)} / T_{min} \text{ aeroporto (inverno)}$$

$$T_{min} \text{ NASA} = 12,5^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{min} \text{ (pto 33) aeroporto} = 17,10^{\circ} \text{ C}$$

$$\underline{Fta1 = 12,5/17,10 = 0,73}$$

O Fta 2 corresponde ao fator de ajuste das temperaturas máximas, onde:

$$Fta2 = T_{max} \text{ NASA (inverno)} / T_{max} \text{ aeroporto (inverno)}$$

$$T_{max} \text{ NASA} = 24,5^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{max} \text{ aeroporto} = 27,40^{\circ} \text{ C}$$

$$\underline{Fta2 = 24,5/27,4 = 0,894}$$

Os fatores de ajuste foram aplicados às temperaturas medidas e estimadas no período de inverno. Os parâmetros térmicos resultantes foram interpolados gerando os mapas de temperaturas mínimas, temperaturas máximas e amplitudes térmicas.

O processo de interpolação de pontos desenvolvido por Roriz (1999) foi apresentado na exemplificação do cálculo de índices de água.

5.3.2. Mapas do período de verão (02 de Fevereiro)

Para estimar os parâmetros térmicos referentes ao período “típico” de verão calculou-se a variação de temperatura (mínima e máxima), tomando-se como base os dados fornecidos pela NASA nos meses de junho e fevereiro. A tabela 3.3 apresenta estes dados:

Tabela 5.13: Dados Climáticos históricos fornecidos pela NASA, para a cidade de Araraquara

Dados históricos da NASA						
Lat	Lon	mês	TMIN	TMAX	Tmed	Ampl
21.75	48.25	1	19.3	28.9	24.1	9.6
21.75	48.25	2	19.5	29.5	24.5	10
21.75	48.25	3	18.6	29.2	23.9	10.6
21.75	48.25	4	16.5	27.5	22.0	11.
21.75	48.25	5	14.4	26.1	20.2	11.7
21.75	48.25	6	12.5	24.5	18.5	12
21.75	48.25	7	12.2	24.9	18.5	12.7
21.75	48.25	8	13.6	27.0	20.3	13.4
21.75	48.25	9	15.7	27.8	21.7	12.1
21.75	48.25	10	16.6	27.8	22.2	11.2
21.75	48.25	11	18.0	28.6	23.3	10.6
21.75	48.25	12	18.4	27.2	22.8	8.8

A variação das temperaturas mínimas entre os meses de junho e fevereiro foi de 7° C. Para as temperaturas máximas esta variação corresponde a 5° C.

$$T_{\min}(\text{NASA}) \text{ junho} = 12,5^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{\min}(\text{NASA}) \text{ fevereiro} = 19,5^{\circ} \text{ C}$$

Portanto:

$$\Delta T_{\min \text{ NASA}} = 19,5 - 12,5 = 7^{\circ} \text{ C}$$

Os valores de $\Delta T_{\min \text{ NASA}}$ foram aplicados às temperaturas calculadas para o período de inverno nos 69 pontos. Assim, tomando-se como exemplo o valor da temperatura mínima estimada no ponto 45 (tabela 3.3, p.106) tem-se:

$$T_{\min} \text{ calculado (pto 45)} = \underline{\underline{14,4^{\circ} \text{ C}}}$$

$$\boxed{T_{\min} \text{ inverno} = T_{\min} \text{ calculada} * F_{ta1}}$$

$$T_{\min} \text{ inverno (pto 45)} = 14,4 * 0,73$$

$$T_{\min} \text{ inverno (pto 45)} = \underline{10,50^\circ \text{ C}}$$

$$\boxed{T_{\min} \text{ Verão} = T_{\min} \text{ inverno} + 7}$$

$$T_{\min} \text{ verão (pto 45)} = 10,50^\circ \text{ C} + 7$$

$$T_{\min} \text{ verão (pto 45)} = \underline{17,50^\circ \text{ C}}$$

O mesmo procedimento foi realizado para as temperaturas máximas.

$$T_{\max} \text{ calculado (pto 45)} = \underline{27,3^\circ \text{ C}}$$

$$\boxed{T_{\max} \text{ inverno} = T_{\max} \text{ calculada} * F_{ta2}}$$

$$T_{\max} \text{ inverno (pto 45)} = 27,3 * 0,895$$

$$T_{\max} \text{ inverno (pto 45)} = \underline{24,40^\circ \text{ C}}$$

$$\boxed{T_{\max} \text{ Verão} = T_{\max} \text{ inverno} + 5}$$

$$T_{\max} \text{ verão (pto 45)} = 24,40^\circ \text{ C} + 5$$

$$T_{\max} \text{ verão (pto 45)} = \underline{29,40^\circ \text{ C}}$$

6. Resultados obtidos

Neste capítulo serão apresentados os resultados das análises qualitativas e quantitativas realizadas, que permitiram originar os mapas de temperatura como um primeiro passo para avaliar a influência dos parâmetros de ocupação urbana na variação de temperatura do ar, para a cidade de Araraquara.

O banco de dados está apresentado no anexo 3.

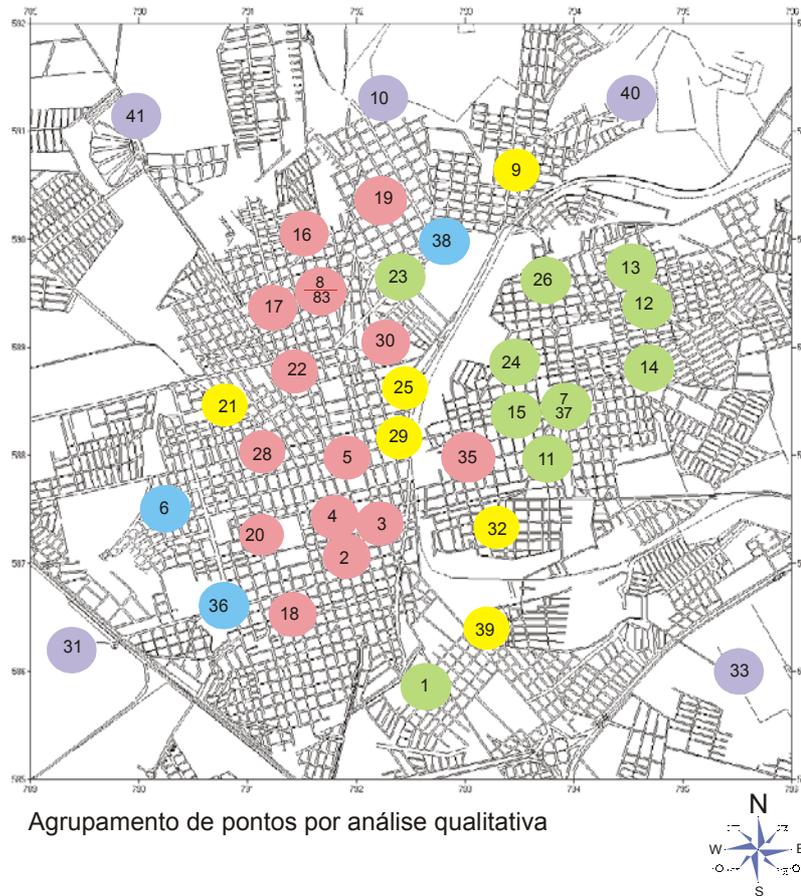
6.1. Resultados obtidos nas análises qualitativas

Uma análise preliminar das diferentes tipologias de ocupação urbana foi realizada ainda na etapa de definição dos locais a serem medidos.

Num segundo momento, a análise qualitativa teve como objetivo gerar agrupamentos de pontos em função das similaridades entre os parâmetros de ocupação urbana. Através desta análise, pode-se constatar quais parâmetros eram predominantes em cada conjunto de pontos. Embora se trate de uma análise intuitiva, trouxe vários indicativos sobre o comportamento microclimático da cidade de Araraquara. Além disso, foi a partir deste estudo inicial que se constatou, na etapa seguinte, que o método de Cluster seria adequado e apresentava resultados coerentes.

Os resultados desta análise serão apresentados a seguir.

A figura 6.1 mostra os pontos agrupados na malha urbana. Os 41 pontos medidos foram reunidos em 5 conjuntos, representados por cores diferentes. As tabelas seguintes indicam os parâmetros considerados e os valores respectivos a cada um dos pontos.



Agrupamento de pontos por análise qualitativa

Figura 6.1: Pontos agrupados por análise qualitativa

- ◆ Conjunto 1: reúne os pontos localizados nas regiões periféricas da malha urbana. O gráfico 6.1 indica as características da tipologia de ocupação urbana. A tabela 6.1 apresenta os pontos pertencentes a este conjunto.

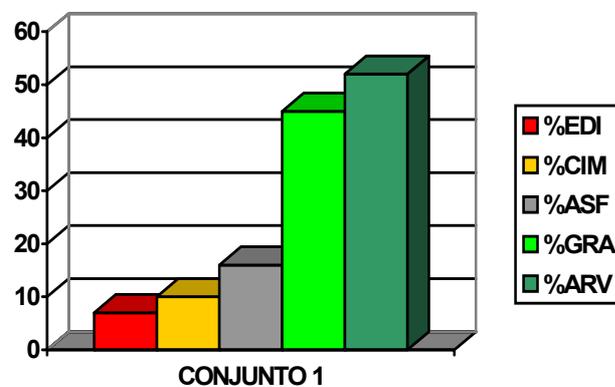
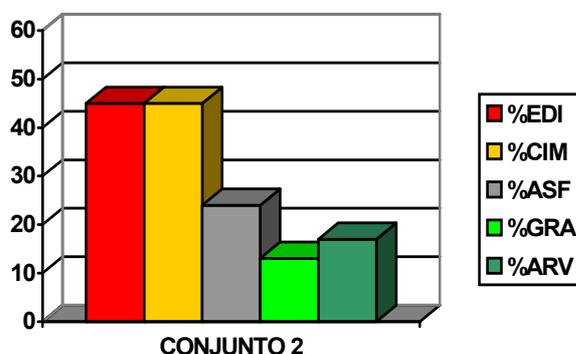


Gráfico 6.1: Características Tipológicas conjunto 1

Tabela 6.1: Pontos pertencentes ao Conjunto 1

CONJUNTO 1						
%EDI	%GRA	%ARV	%CIM	%ASF	ALT	PTOS
3,3	41,5	13,5	6,7	12,6	623,8	10
4,9	40,1	51,4	0	0,1	615,7	31
0	84,6	0,2	0	3,1	668,5	33
0,9	43,3	15,6	9,4	16,1	680	40
6,5	44,4	26,7	10	7,1	685,5	41

- ◆ Conjunto 2: os principais parâmetros de influência neste conjunto de pontos são: os altos índices de % projeção de área edificada, % de área asfaltada, os baixos índices de % de áreas gramadas e % de áreas arborizadas. Os valores de altitude variam de 649,7 a 676,2 metros (Gráfico 6.2 e Tabela 6.2)

**Gráfico 6.2: Características tipológicas do Conjunto 2****Tabela 6.2: Pontos pertencentes ao Conjunto 2**

CONJUNTO 2						
%EDI	%GRA	%ARV	%CIM	%ASF	ALT	PTOS
35,1	6,4	9,8	32,8	15,8	650,5	2
45	5	5,8	26,1	18,1	649,7	3
36,4	0	11	38	14,6	667,5	4
35,9	3,9	9,2	35,7	15,3	667,5	5
37,9	2,8	4,8	33,8	20,7	671,9	8
27	4,7	3,7	47,5	16,7	665,3	16
42,1	0,8	7,7	29,1	20,4	660	17
34,9	2,3	6	40	16,8	657,9	18
28,4	12,6	4,1	40,2	14,7	670,9	19
28,7	4,3	16,7	35,9	14,4	647,9	20
42,1	1,7	5,1	31,2	19,9	663,4	22
27,3	13	3,9	40,7	15	650,3	28
37,9	2,8	4,8	33,8	20,7	671,9	83
24,3	8,5	8,4	34,1	23,8	676,2	30
32,5	8,8	3,3	39,8	15,5	675,9	35

- ◆ Conjunto 3: localizam-se nas maiores e nas menores cotas do relevo. Embora haja uma grande porcentagem de projeção de áreas edificadas, asfaltadas e cimentadas, a altitude pode exercer uma influência significativa (Gráfico 6.3 e Tabela 6.3).

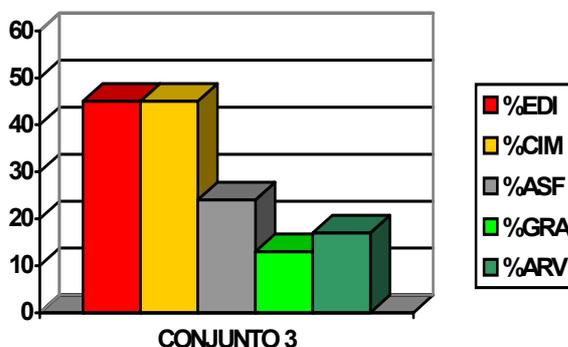


Gráfico 6.3: Características tipológicas do Conjunto 3

Tabela 6.3: Pontos pertencentes ao Conjunto 3

CONJUNTO 3						
EDI	GRA	ARV	CIM	ASF	ALT	PTOS
29,4	12,4	5,5	34,2	15,1	613	1
27,6	5,4	3,6	41	22,3	702,5	7
43,5	5,2	5,6	30,4	15,3	692,5	11
37,9	1,9	2,7	35	22,5	708	12
30,2	10,5	1,8	35	22,5	688,6	14
23,7	11,3	7,3	34,3	18,3	702,2	15
25,3	4,9	10,2	44,5	15	687,5	23
38,7	0,6	3,6	37,8	19,2	690	24
35,7	8,5	4,4	34,7	16,7	702,1	26
25,1	5,6	4,8	35,1	19,5	703,6	133
27,6	5,4	3,6	41	22,3	702,5	37

- ◆ Conjunto 4: Caracteriza-se pela pouca incidência de arborização. A altitude varia de 638.7 a 661.6 metros (Gráfico 6.4 e Tabela 6.4).

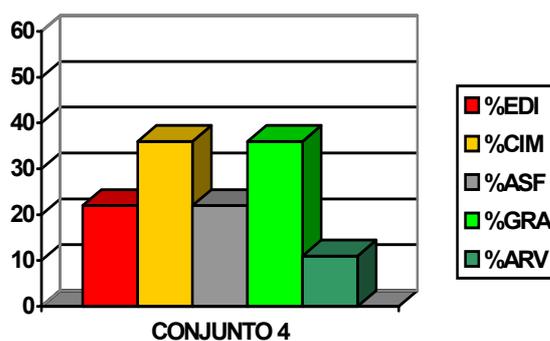
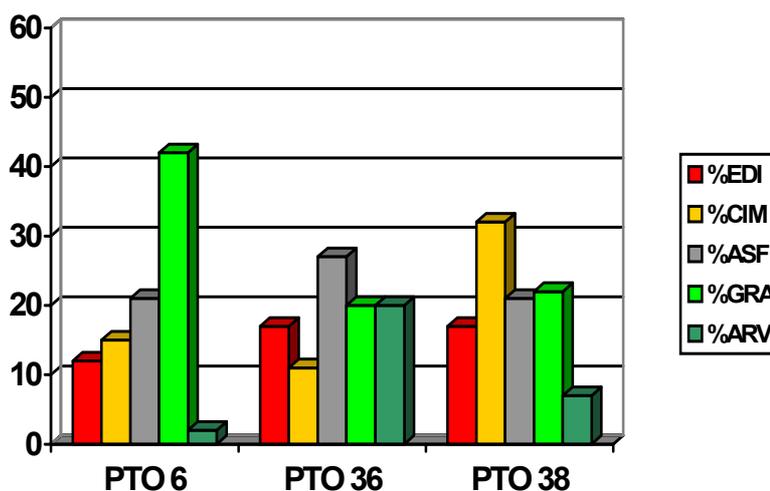


Gráfico 6.4: Característica tipológicas do Conjunto 4

Tabela 6.4: Pontos pertencentes ao Conjunto 4

CONJUNTO 4						
%EDI	%GRA	%ARV	%CIM	%ASF	ALT	PTOS
21,5	32,5	3	25,8	17,2	679,1	9, 92, 93, 94 95
21,7	26	5,9	26,5	19,8	638,7	21
18	18,8	9,6	28,1	17,3	654,4	25
15,8	26,3	0,9	35,2	21,7	652,8	29
18,2	35,9	4,1	24,5	13,6	661,6	32
14,2	25	6,6	22,3	20,6	642,5	39

- ◆ Conjunto 5: representa os pontos com características específicas em relação aos demais locais monitorados. Os pontos 6 e 36 estão localizados em bairros periféricos. No caso específico do ponto 6, deve também ser considerada a proximidade do Ribeirão das Cruzes (Gráfico 6.5).

**Gráfico 6.5: Características tipológicas do Grupo 5**

Conforme será mostrado a seguir, o agrupamento de pontos resultante da Análise de Cluster é bastante similar aos resultados obtidos nesta análise qualitativa.

Portanto, neste caso, mais importante do que o resultado é a confirmação de que as análises estatísticas devem sempre estar amparadas pela percepção humana da cidade.

6.2. Resultados obtidos nas análises quantitativas.

6.2.1. Análise de Cluster para o período de inverno.

A primeira análise de Cluster foi realizada para o período de inverno considerando os valores de ângulo de Incidência solar calculados para o meio dia do dia 27 de junho. Além do ângulo de incidência solar, considerou-se os demais parâmetros de ocupação urbana dos 64 pontos determinados na malha urbana.

A figura 6.2 apresenta o gráfico resultante. Os números à esquerda do gráfico correspondem às escalas de observação. Quanto menor a escala de observação, mais restritiva é a análise, o que equivale dizer que o grau de semelhança entre os pontos é maior. Os números correspondentes a cada ponto, denominados como “casos”, estão localizados na linha inferior do gráfico.

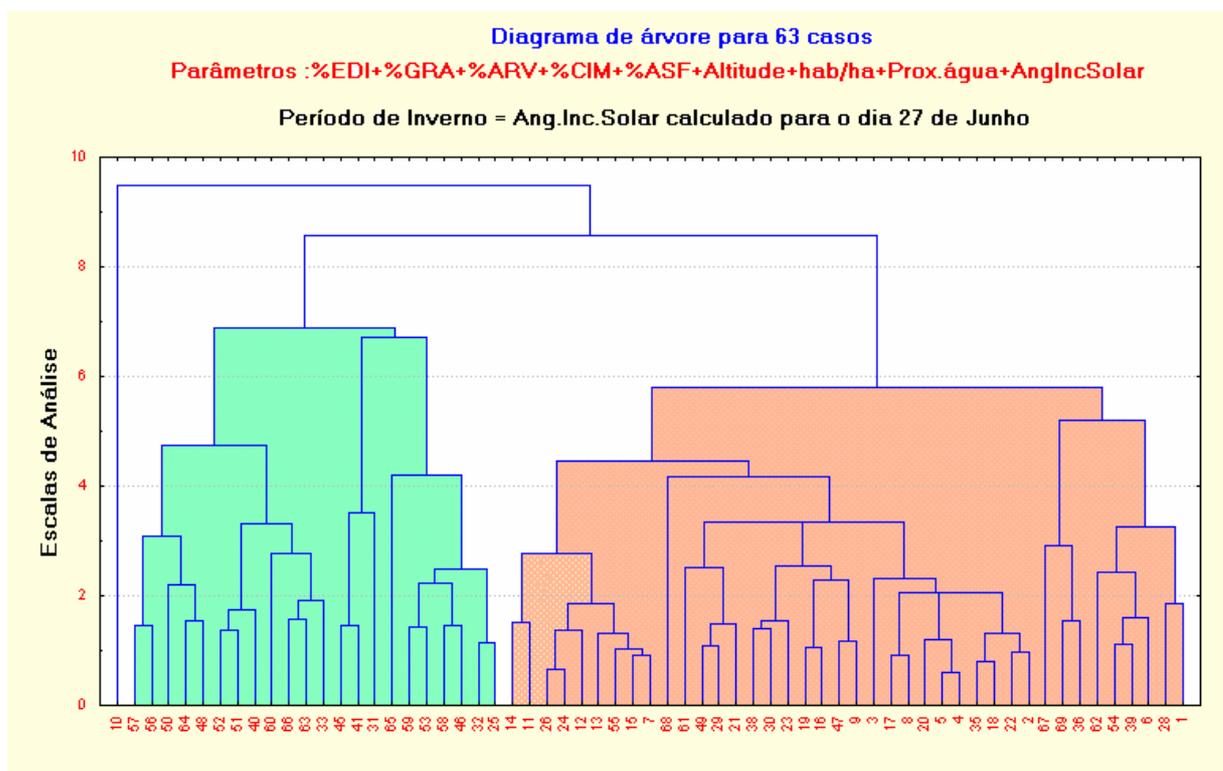


Figura 6.2: Diagrama de agrupamento do período de inverno.

Iniciaram-se as análises do agrupamento de inverno pela escala 8 de observação. Conforme pode ser verificado na tabela 6.5, esta escala distribui os 64 pontos em 3 agrupamentos. O grupo 1 é constituído apenas pelo ponto 10 e os dois agrupamentos restantes reúnem os pontos localizados no perímetro urbano e os pontos localizados no interior da área urbanizada.

Tabela 6.5: Agrupamentos resultantes. Análise de Clusters (inverno). Escala 8

Análise de Clusters (inverno). Escala 8 de observação:		
	Pontos monitorados	Pontos não monitorados
Agrupamento 1	10	
Agrupamento 2	25, 31, 32, 33, 40, 41.	45, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 66.
Agrupamento 3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 35, 36, 38, 39.	47, 49, 54, 55, 61, 62, 67, 68, 69.

No caso do agrupamento 1, a presença isolada do ponto 10 ocorre devido ao parâmetro água que neste ponto apresenta índice máximo (100).

Exceto pelos pontos 25 e 32, o agrupamento 2 reúne os pontos localizados no perímetro urbano. Na análise qualitativa realizada anteriormente, os pontos 31, 33, 40 e 41 formavam o conjunto 1.

Em relação aos pontos 25 e 32, alguns parâmetros de ocupação podem explicar sua associação aos pontos localizados nas regiões perimetrais da cidade.

Tabela 6.6: parâmetros dos pontos pertencentes ao Agrupamento 2. Cluster (inverno)

	%	%	%	%	%				
	EDI	GRA	ARV	CIM	ASF	ALT	HAB	$\Delta\hat{A}$ Sol	água
25	18	18,8	9,6	28,1	17,2	675	50	-0,42	22,7
31	4,9	40,1	51,4	0	0	635	0	0,96	21,9
32	18,2	35,9	4,1	24,5	13,6	677,5	34,7	-3,82	24,1
33	0	84,6	0,2	0	3,1	685	5,6	0,21	19,5
40	0,9	43,3	15,6	9,4	16,1	677,5	15,1	1,19	26,8
41	6,5	44,4	26,7	10	7,1	670	0,2	-1,18	26,9

Os pontos 25 e 32 estão localizados em um fundo de vale correspondente a área onde a ferrovia atravessa a cidade. Nesta região, há grande quantidade de

vazios urbanos, o que aumenta a % de áreas gramadas. Outra similaridade é o índice de proximidade de água.

Por fim, o agrupamento 3 reúne os pontos localizados na região mais urbanizada da cidade.

6.2.2. Análise de regressão linear múltipla para ΔT_{min} e $\Delta T_{máx}$.

- Agrupamento 2: pontos localizados próximos ao perímetro urbano.

A tabela 6.7 apresenta os parâmetros utilizados na análise de regressão Linear múltipla do agrupamento 2 que reúne os pontos 25, 31, 32, 33, 40 e 41.

Tabela 6.7: Parâmetros utilizados na regressão Linear Múltipla (agrupamento 2 Inverno)

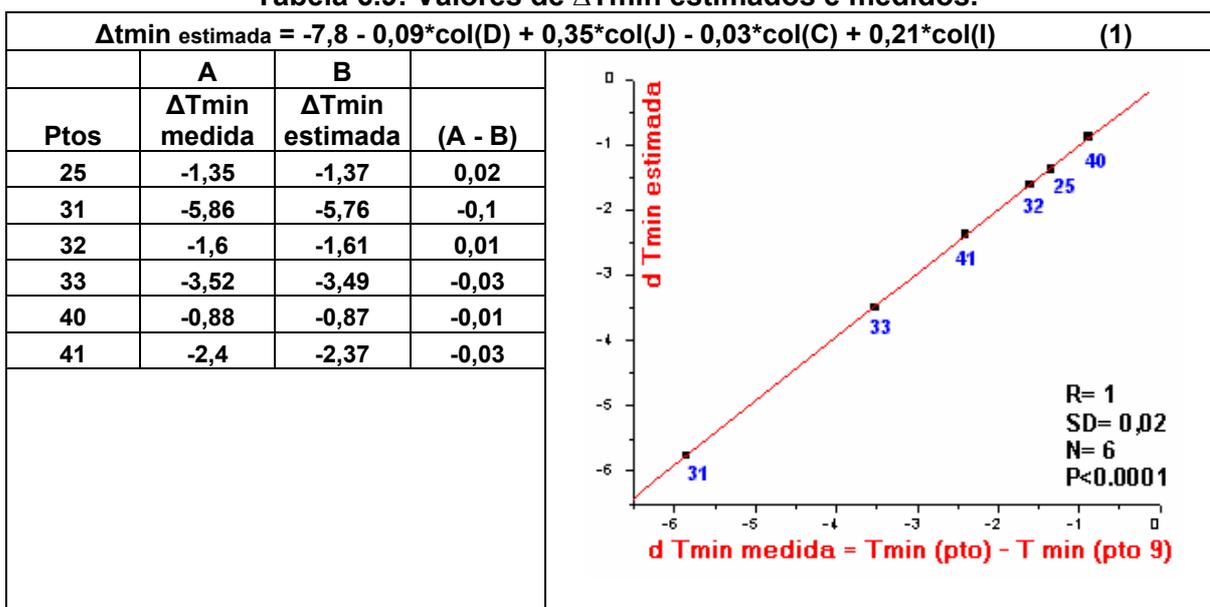
		B	C	D	E	F	G	H	I	J	
ΔT_{max} medido	ΔT_{min} medido	%l.Ocup	%GRA	%ARV	%CIM	%ASF	ALT	HAB/Ha	ΔAng IncSolar	agua	Pontos
-0,97	-1,35	18	18,8	9,6	28,1	17,2	675	50	-0,42	22,7	25
0,63	-5,86	4,9	40,1	51,4	0	0	635	0	0,96	21,9	31
1,02	-1,6	18,2	35,9	4,1	24,5	13,6	677,5	34,7	-3,82	24,1	32
4,6	-3,52	0	84,6	0,2	0	3,1	685	5,6	0,21	19,5	33
0,56	-0,88	0,9	43,3	15,6	9,4	16,1	677,5	15,1	1,19	26,8	40
-0,66	-2,4	6,5	44,4	26,7	10	7,1	670	0,2	-1,18	26,9	41

O resultado da análise de regressão para ΔT_{min} pode ser visualizado nas tabelas abaixo. A equação resultante apresenta coeficientes negativos para os parâmetros % de grama e % de árvores (colunas C e D) e coeficientes positivos para os parâmetros ângulo de incidência solar e índice de água (colunas J e I).

Tabela 6.8: Resultados obtidos. ΔT_{min} (Agrupamento 2).

Independent:	Column(D) -> Column(I)			
Dependent:	Column(A)			
Parameter	Value	Error	t-Value	Prob> t
Y-Intercept	-7,8	0,02	-494,91	0
D	-0,09	9,47E-5	-974,13	6,54E-4
J	+0,35	5,79E-4	-608,67	0
C	-0,03	8,33E-5	-372,34	0
I	+0,21	9,64E-4	-219,09	0
R-Square(COD)	Adj. R-Square	Root-MSE(SD)		
1	1	0		

Tabela 6.9: Valores de ΔT_{min} estimados e medidos.

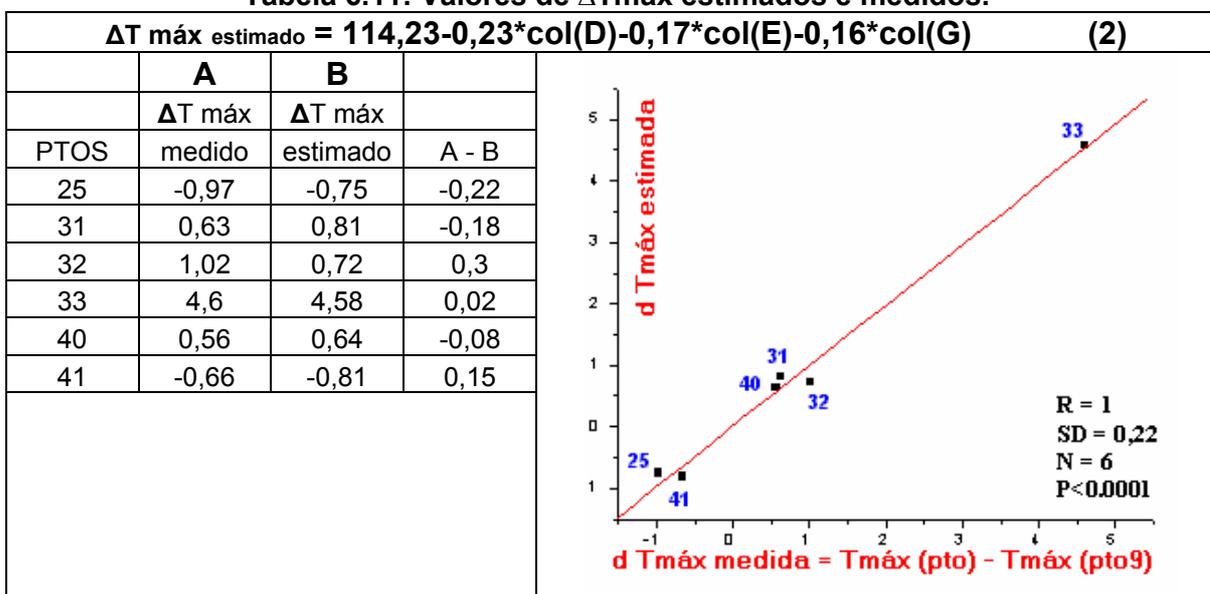


A regressão para $\Delta T_{máx}$ apresentou coeficientes negativos dos parâmetros % de árvores, % de áreas cimentadas e da altitude.

Tabela 6.10: Resultados obtidos. ΔT_{max} (Agrupamento 2)

Parameter	Value	Error	t-Value	Prob> t
Y-Intercept	114,23	16,73	6,64	0,02
D	-0,23	0,02	-9,6	0,01
E	-0,17	0,01	-13,71	0,01
G	-0,16	0,02	-6,39	0,02
R-Square(COD)	Adj. R-Square	Root-MSE(SD)		
0,99	0,98	0,29		

Tabela 6.11: Valores de ΔT_{max} estimados e medidos.



A tabela 6.12, apresenta as equações resultantes das análises de regressão do agrupamento 2, que possibilitaram estimar o ΔT_{\min} e ΔT_{\max} nos pontos não monitorados, pertencentes a este agrupamento.

Tabela 6.12: Equações resultantes, por regressão linear múltipla. Agrupamento 2. (inverno).

Análise de Clusters (inverno)		
Agrupamento 2	Equação resultante	Pontos não monitorados
	ΔT_{\min} estimado = $-7,8 - 0,09 \cdot \text{col(D)} - 0,35 \cdot \text{col(J)} - 0,03 \cdot \text{col(C)} - 0,21 \cdot \text{col(I)}$	45, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 66.
	ΔT_{\max} estimado = $114,23 - 0,23 \cdot \text{col(D)} - 0,17 \cdot \text{col(E)} - 0,16 \cdot \text{col(G)}$	

□ Agrupamento 3

Ao realizar as análises de regressão no agrupamento 3 não se obteve bons resultados. Novas tentativas foram realizadas, concluindo que os melhores resultados apareciam conforme se restringia à escala de observação da análise de Cluster (Figura 6.2). A escala 3 foi a que apresentou melhores resultados, gerando 8 novos agrupamentos.

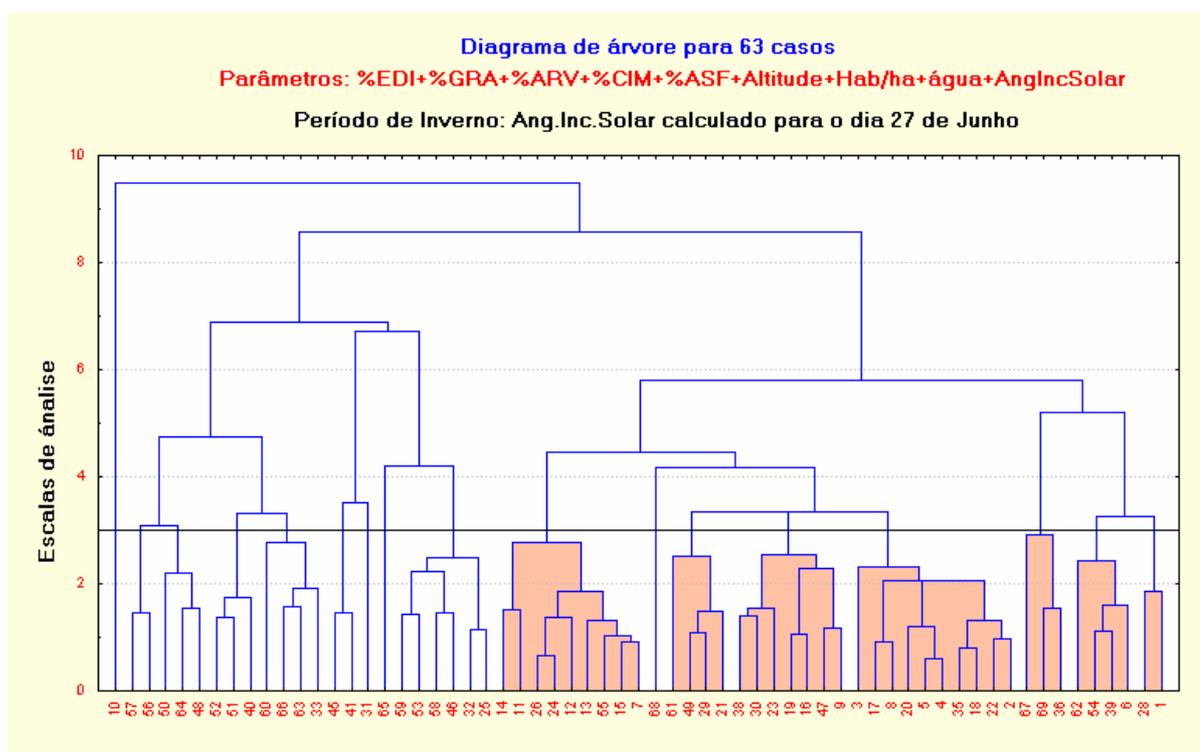
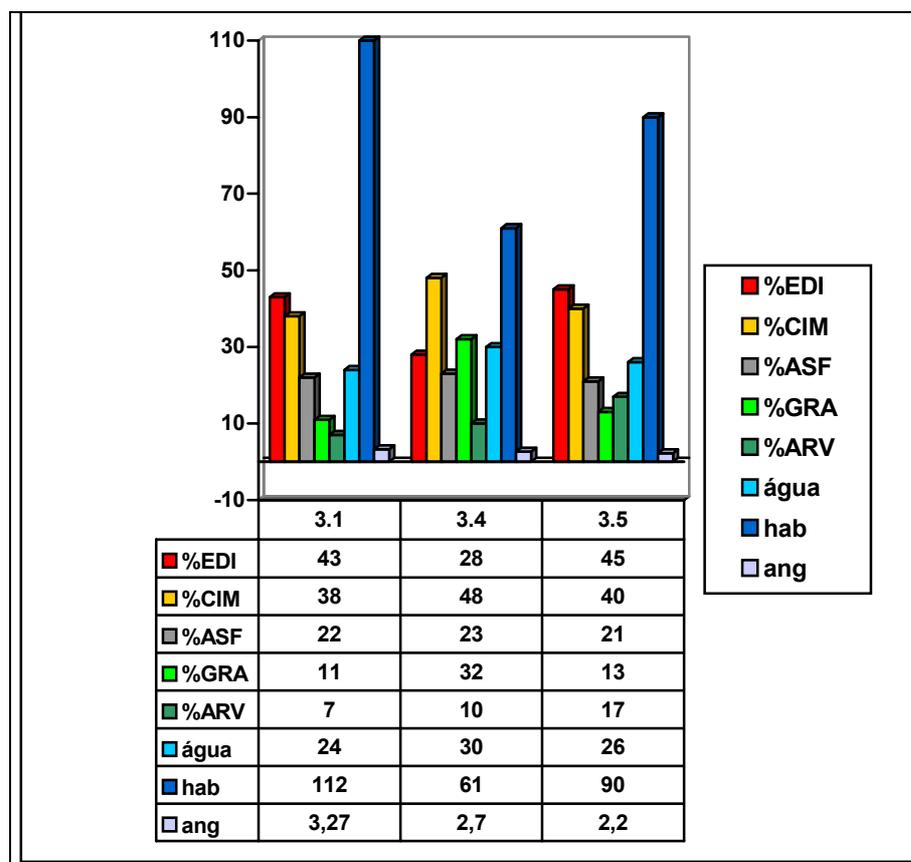


Figura 6.3: Diagrama de Cluster. Nível 3 de observação (inverno)

Tabela 6.13: Agrupamentos resultantes. Escala 3 de observação.

	Pontos monitorados	Pontos não monitorados
Agrupamento 3.1	7, 11, 12, 14, 15, 24, 26, 37, 133	55
Agrupamento 3.2	Não há.	68
Agrupamento 3.3	21, 29	61, 49
Agrupamento 3.4	9,16, 19, 23, 30, 38	47
Agrupamento 3.5	2, 3, 4, 5, 8, 17, 18, 20, 22, 35, 83	Não há novos pontos agrupados
Agrupamento 3.6	36	67, 69
Agrupamento 3.7	6, 39	62, 54
Agrupamento 3.8	1, 28	Não há novos pontos agrupados

A restrição de escala pode ser explicada pela maior complexidade destes pontos devido a sua localização na malha urbana. O gráfico abaixo compara a variação de cada um dos parâmetros nos agrupamentos 3.1, 3.4 e 3.5, que reúnem a maior parte dos pontos considerados. A tabela anexa indica os valores máximos de cada parâmetro identificados nos agrupamentos.

**Gráfico 6.6: Parâmetros predominantes em cada agrupamento**

Os valores mais divergentes são os índices de Hab/ ha, áreas verdes e índices de ocupação. No caso do agrupamento 3.4 a porcentagem de áreas pavimentadas é superior a porcentagem de projeção de áreas edificadas. A altitude não foi incluída neste gráfico comparativo, no entanto, é no agrupamento 3.1⁽⁶⁾ que se encontram as maiores cotas do relevo.

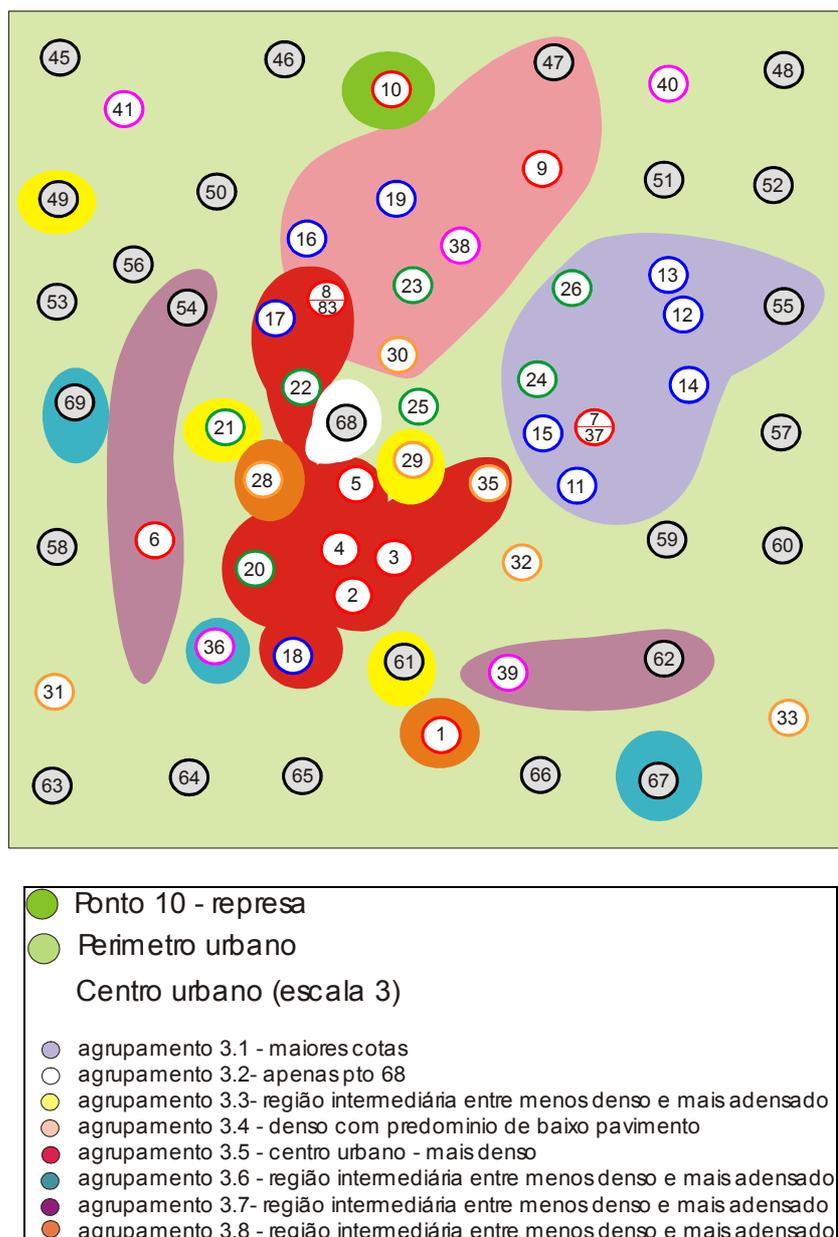


Figura 6.4: localização dos pontos e agrupamentos de inverno

⁶ O agrupamento 3.1 coincide com a classificação qualitativa realizada anteriormente. Exceto pelos pontos 1 e 23, este grupo corresponde ao conjunto 3, cuja característica marcante é a localização em cotas elevadas da malha urbana.

Como pode ser observado na tabela 6.13, com os novos agrupamentos formados, o número de pontos, cujas temperaturas não foram monitoradas, restringiu-se ao número máximo de 2 pontos por agrupamento de pontos medidos. Assim, para a elaboração dos mapas térmicos, tornou-se desnecessário estimar a temperatura dos pontos não monitorados através das equações resultantes da análise de regressão linear múltipla, pois o método de interpolação seria suficiente para calcular as temperaturas nestes pontos. No entanto, estas análises demonstraram resultados bastante satisfatórios em relação à influência dos parâmetros de ocupação nas variações de temperatura. Estas análises são apresentadas no anexo 1.

6.3. Execução dos mapas térmicos.

Através das equações determinadas pela regressão linear múltipla do agrupamento 2 de inverno, foram calculados os valores de ΔT_{\min} e ΔT_{\max} para os pontos não monitorados.

Definidos os “ ΔT ” em cada ponto, estes foram convertidos para graus Celsius, tomando-se como base as temperaturas de referencia do ponto 9, para o dia 27 de junho. Onde:

$$\underline{T_{\min} \text{ registrada} = 18,28^{\circ} \text{ C}}$$

$$\underline{T_{\max} \text{ registrada} = 25,95^{\circ} \text{ C}}$$

Aplicando os fatores de ajuste para inverno e verão, obteve-se os resultados da tabela 6.14. As colunas F e G, mostram os valores de Temperaturas ajustados para o dia “típico” de inverno. Onde:

Fta inverno:	
Para os pontos 1 a 41	Para os pontos 45 a 69
MinA(i) = Temperatura registrada * 0,73	MinA(i) = Temperatura calculada * 0,73
MaxA(i) = temperatura registrada * 0,895	MaxA(i) = Temperatura calculada * 0,895

As colunas H e I mostram os ajustes para a temperatura “típica” de verão, onde:

Fta verão:

$$\text{MinA}(v) = \text{MinA}(i) + 7$$

$$\text{MaxA}(v) = \text{MaxA}(i) + 5$$

Tabela 6.14: Valores de temperatura nos 64 pontos para o período “típico” de inverno e verão

A	Local. pto		Temperatura (inv.)		Fta inverno		Fta verão	
	B	C	D	E	F	G	H	I
			$\Delta T_{\text{min}} + 18,28$	$\Delta T_{\text{max}} + 25,95$	Col(D) x 0,73	Col(E) x 0,895	Col(F) + 7	Col(G) + 5
PT	Xkm	Ykm	Tmin	Tmax	MinA(i)	MaxA(i)	MinA(v)	MaxA(v)
1	792,53	585,88	16,4	28,7	12	25,7	19	30,7
2	791,97	587,03	18,3	25,6	13,4	22,9	20,4	27,9
3	792,2	587,37	18,7	26,3	13,7	23,5	20,7	28,5
4	791,79	587,56	17,5	26,3	12,8	23,5	19,8	28,5
5	791,86	587,96	17,1	28,3	12,5	25,3	19,5	30,3
6	790,2	587,49	16,4	26,3	12	23,5	19	28,5
7	793,93	588,52	16,4	28,3	12	25,3	19	30,3
8	791,69	589,59	18,7	24,8	13,7	22,2	20,7	27,2
9	793,45	590,75	18,3	26	13,4	23,2	20,4	28,2
10	791,98	591,32	15,6	28,3	11,4	25,3	18,4	30,3
11	793,84	587,93	17,6	25,9	12,9	23,2	19,9	28,2
12	794,65	589,46	18,6	28,5	13,6	25,5	20,6	30,5
13	794,61	589,8	17,3	25	12,6	22,4	19,6	27,4
14	794,64	588,8	17,5	26,7	12,8	23,9	19,8	28,9
15	793,63	588,46	18,6	25	13,6	22,4	20,6	27,4
16	791,75	589,97	18,9	25,8	13,8	23,1	20,8	28,1
17	791,27	589,45	17,4	27,3	12,7	24,4	19,7	29,4
18	791,39	586,58	20,2	29,9	14,8	26,7	21,8	31,7
19	792,24	590,4	18,9	27,3	13,8	24,4	20,8	29,4
20	791	587,28	18,5	25,8	13,5	23,1	20,5	28,1
21	790,83	588,5	17,7	26,2	12,9	23,4	19,9	28,4
22	791,46	588,82	18,5	25,8	13,5	23,1	20,5	28,1
23	792,47	589,61	18,1	23,3	13,2	20,8	20,2	25,8
24	793,29	588,69	17,7	28	12,9	25	19,9	30
25	792,52	588,66	16,9	25	12,4	22,4	19,4	27,4
26	793,72	589,77	17,7	23,7	12,9	21,2	19,9	26,2
28	791,11	588,01	19,7	26,2	14,4	23,4	21,4	28,4
29	792,4	588,19	17,4	26,6	12,7	23,8	19,7	28,8
30	792,26	589,03	20,1	27	14,7	24,1	21,7	29,1
31	789,26	586,31	12,4	26,6	9,1	23,8	16,1	28,8
32	793,3	587,26	16,7	27	12,2	24,1	19,2	29,1
33	795,67	586,27	14,8	30,6	10,8	27,4	17,8	32,4
35	793,01	587,95	17,1	27,4	12,5	24,5	19,5	29,5
36	790,48	586,6	17,8	24,9	13	22,3	20	27,3
37	793,93	588,52	16,3	28,3	11,9	25,3	18,9	30,3
38	792,8	589,98	17,4	26,5	12,7	23,7	19,7	28,7
39	793,2	586,38	16,6	26,9	12,1	24	19,1	29

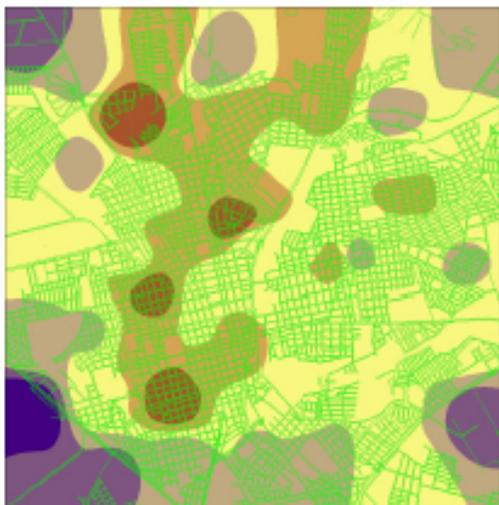
A	Local. pto		Temperatura (inv.)		Fta inverno		Fta verão	
	B	C	D	E	F	G	H	I
			$\Delta T_{min} + 18,28$	$\Delta T_{max} + 25,95$	Col(D) x 0,73	Col (E) x 0,895	Col(F) + 7	Col(G)+ 5
PT	Xkm	Ykm	Tmin	Tmax	MinA(i)	MaxA(i)	MinA(v)	MaxA(v)
40	794,53	591,36	17,4	26,5	12,7	23,7	19,7	28,7
41	789,97	591,15	15,9	25,3	11,6	22,6	18,6	27,6
45	789,43	591,57	14,4	27,3	10,5	24,4	17,5	29,4
46	791,31	591,56	19	26	13,9	23,2	20,9	28,2
47	793,57	591,54	18,7	26,4	13,7	23,6	20,7	28,6
48	795,49	591,47	15,8	30,3	11,5	27,1	18,5	32,1
49	789,42	590,38	17,6	26,4	12,9	23,6	19,9	28,6
50	790,76	590,45	20,1	33,5	14,7	29,9	21,7	34,9
51	794,48	590,55	16,2	26,2	11,8	23,4	18,8	28,4
52	795,4	590,5	16,6	24,1	12,1	21,5	19,1	26,5
53	789,41	589,51	16,9	33,5	12,4	29,9	19,4	34,9
54	790,5	589,47	16,5	26,6	12,1	23,8	19,1	28,8
55	795,49	589,48	17,5	26,7	12,8	23,9	19,8	28,9
56	790,05	589,84	16,2	33,5	11,8	29,9	18,8	34,9
57	795,46	588,4	16,4	31	12	27,7	19	32,7
58	789,41	587,44	16,2	29	11,8	25,9	18,8	30,9
59	794,51	587,51	16,8	29,2	12,3	26,1	19,3	31,1
60	795,47	587,46	17,8	33,5	13	29,9	20	34,9
61	792,31	586,47	17,6	26,4	12,9	23,6	19,9	28,6
62	794,49	586,5	16,5	26,6	12,1	23,8	19,1	28,8
63	789,36	585,44	13,9	32,3	10,2	28,9	17,2	33,9
64	790,51	585,5	14,9	33,5	10,9	29,9	17,9	34,9
65	791,46	585,57	15,3	32,6	11,2	29,1	18,2	34,1
66	793,46	585,53	15,8	28,1	11,5	25,1	18,5	30,1
67	794,44	585,47	17,8	24,9	13	22,3	20	27,3
69	789,55	588,67	17,8	24,9	13	22,3	20	27,3

A interpolação dos parâmetros térmicos obtidos resultou nos mapas apresentados a seguir.

Mapas Térmicos para dia típico de inverno

Araraquara/ S.P.

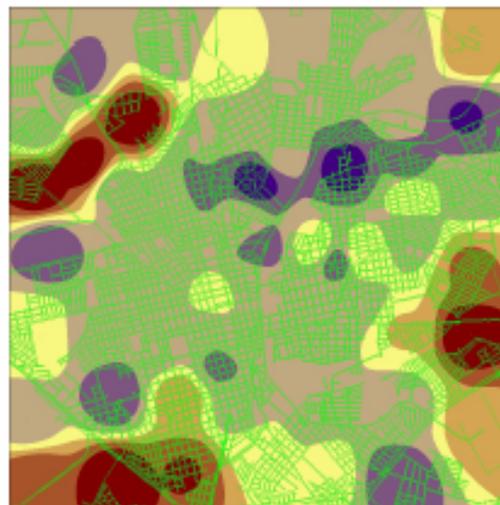
Temperaturas mínimas



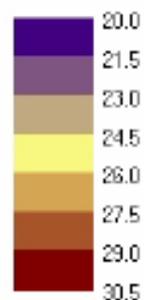
Mínimas de Inverno



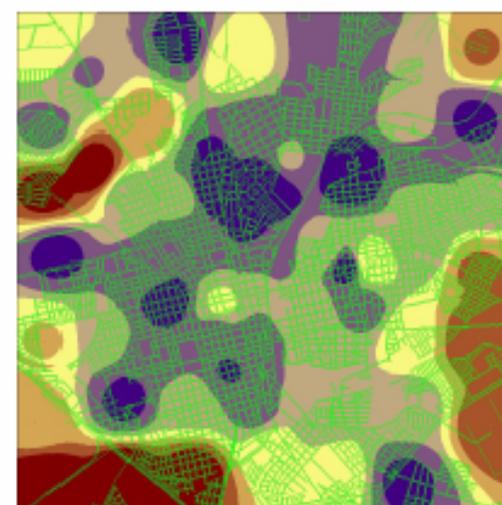
Temperaturas máximas



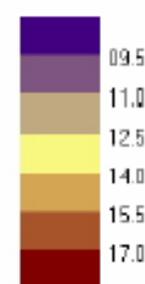
Máximas de Inverno



Amplitude Térmica



Amplitudes de Inverno

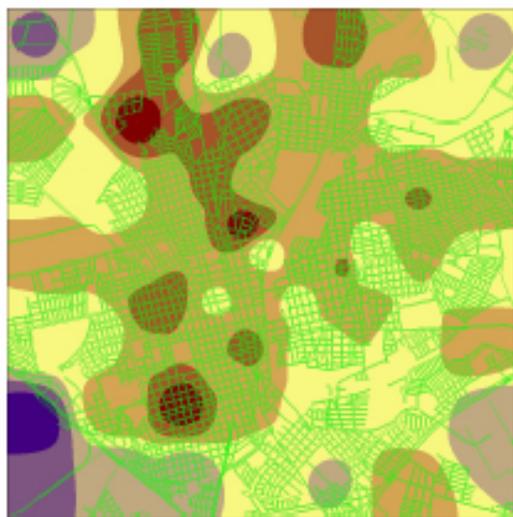


MAPA 6.1		CAPÍTULO 6
Temperatura do ar em dia típico de inverno	prancha	
Influência da ocupação urbana nas variações de temperatura do ar em Araraquara/ S.P.	1/2	
Autor: Renata About Barbagli	março 2004	

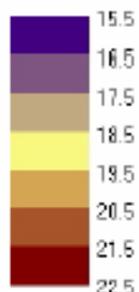
Mapas Térmicos para dia típico de verão

Araraquara/ S.P.

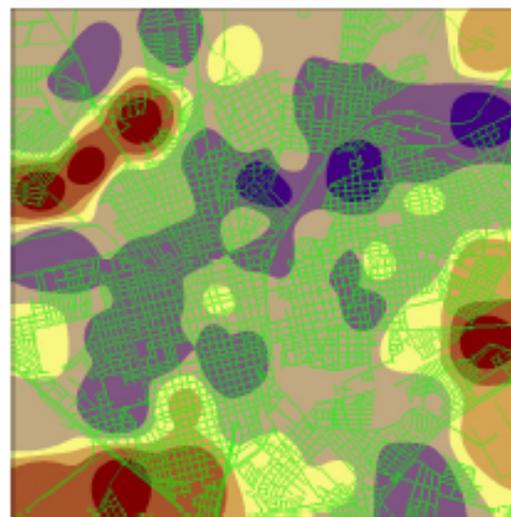
Temperaturas mínimas



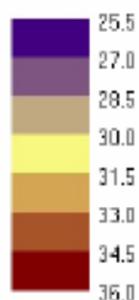
Mínimas de Verão



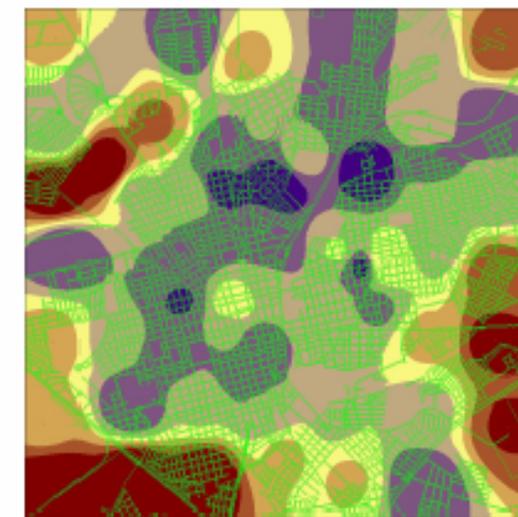
Temperaturas máximas



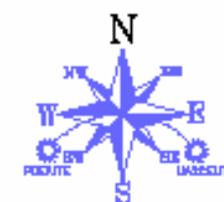
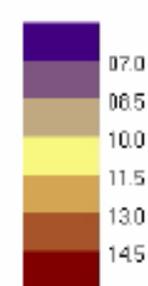
Máximas de Verão



Amplitude Térmica



Amplitudes de Verão



MAPA 6.2	CAPÍTULO 6
Temperatura do ar em dia típico de verão	plancha
Influência da ocupação urbana nas variações de temperatura do ar em Araraquara/ S.P.	2/2
Autor: Renata Abud Barbugli	16/02/2004

7. Análise dos resultados obtidos

A análise dos mapas indica que os parâmetros de ocupação urbana, identificados na cidade de Araraquara, interferem significativamente nas variações de temperatura do ar. No perímetro urbano, onde as tipologias de ocupação são mais homogêneas, os fenômenos que determinam as variações de temperatura são mais facilmente identificados. Por outro lado, a maior complexidade urbana identificada nas áreas mais densas da cidade, indica distintos efeitos dos parâmetros de ocupação urbana sobre as temperaturas.

A análise dos resultados procurou apontar os aspectos mais abrangentes, considerando:

- Período de inverno:
 - Indicação das principais diferenças no comportamento térmico do perímetro urbano em relação às regiões mais densamente ocupadas.
 - Análise do comportamento térmico da malha urbana mais densamente ocupada.
 - Identificação da influência da densidade de construção, número de habitantes e áreas impermeabilizadas.
 - Identificação do efeito da vegetação na área mais densamente ocupada.
 - Identificação da influência do relevo e dos ventos,
- Comparação da variação de temperatura no inverno e verão.

7.1. Período de Inverno:

7.1.1. Indicação das principais diferenças no comportamento térmico do perímetro urbano em relação às regiões mais densamente ocupadas.

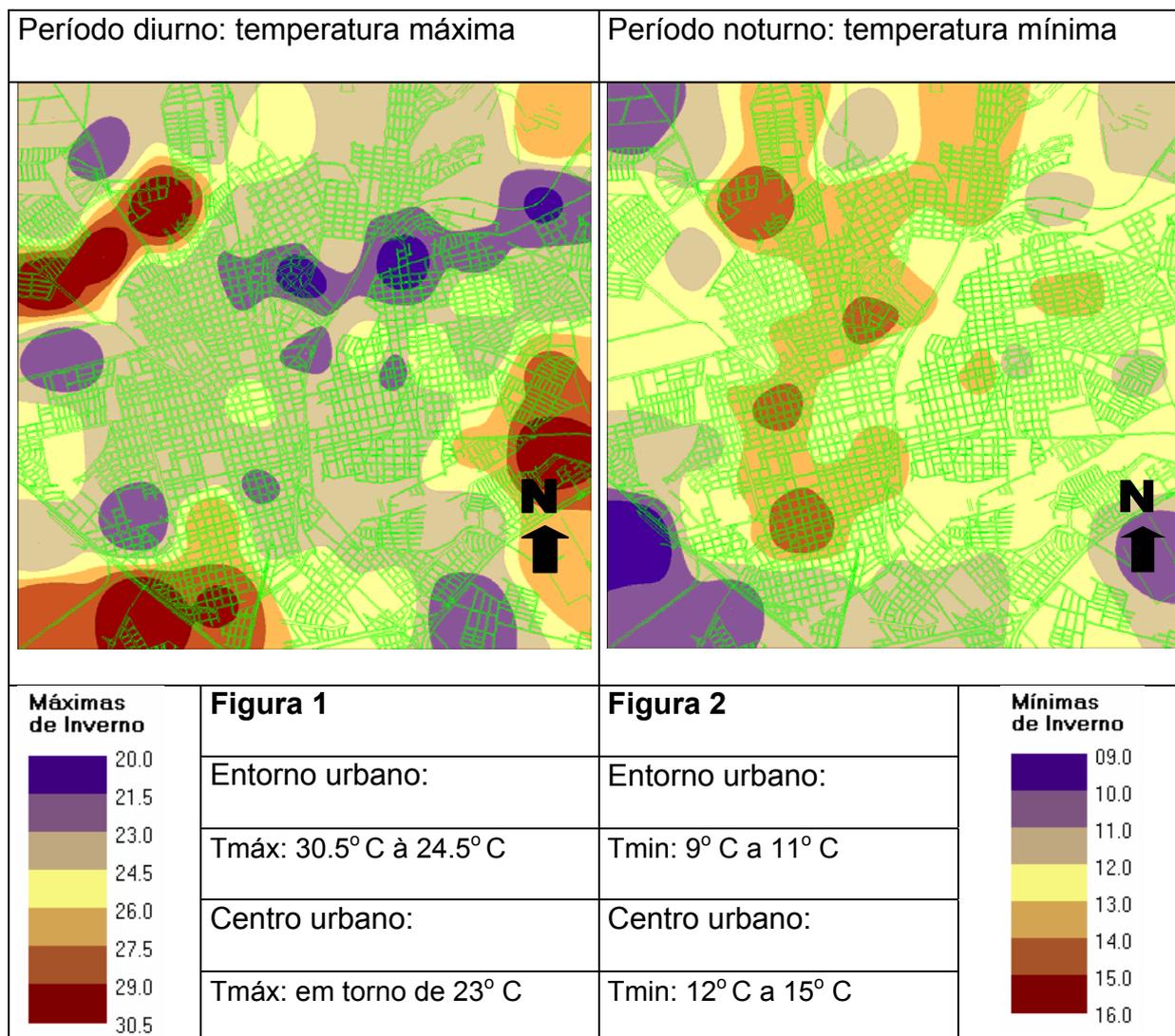


Figura 7.1: Comparação entre os mapas de temperaturas máximas e mínimas (período de inverno)

Exceto pelo vértice Noroeste, no período diurno, o perímetro urbano apresenta temperaturas máximas na faixa de 30.5 a 24,5 °C; enquanto as áreas mais ocupadas da malha urbana apresentam temperaturas máximas em torno de 23° C. Durante a noite, observa-se o contrário, nos quatro vértices do mapa a temperatura

varia de 9°C à 12°C, indicando um aumento gradativo de temperatura da periferia para o centro e uma diferença de até 6 °C.

Muitas são as diferenças entre as áreas do perímetro e as regiões centrais da malha urbana. A quantidade de vegetação arbórea e rasteira, a presença de corpos d'água, a presença de materiais construtivos e os índices de ocupação urbana. Esta primeira análise, já havia sido observada nas leituras qualitativas e quantitativas dos pontos observados, que demonstraram distintos agrupamentos de pontos em função dos valores dos parâmetros de ocupação urbana.

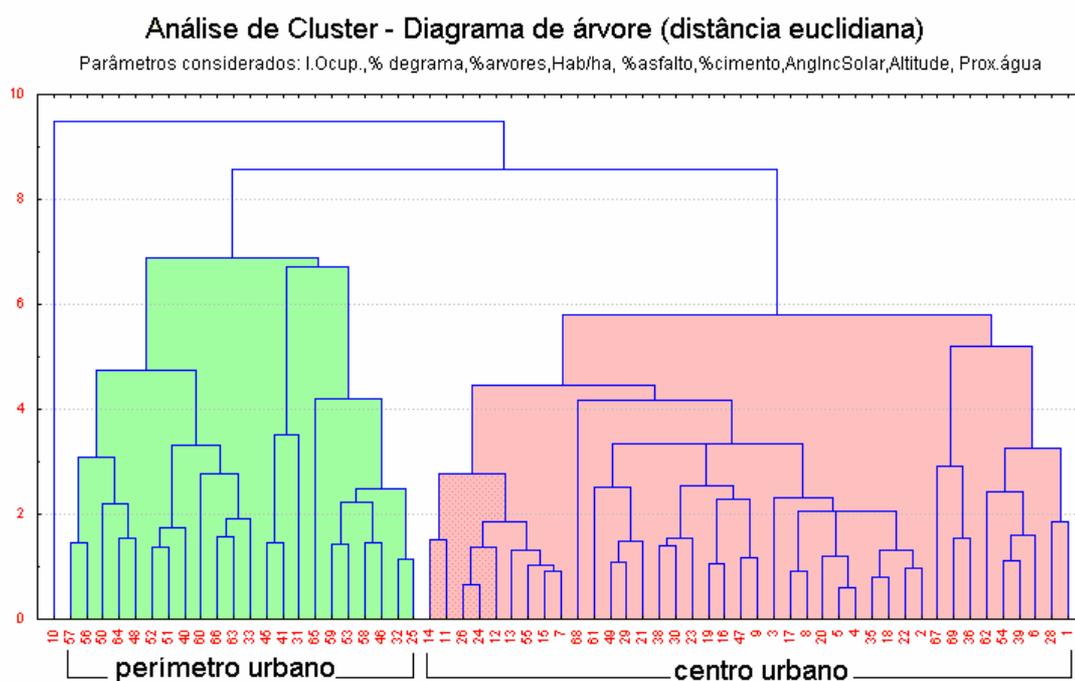


Figura 7.2: Análise de Cluster para período de inverno. Escala 8 de observação

Estas diferentes tipologias de ocupação interferem nas trocas térmicas entre o ambiente e o meio, gerando balanços de energia distintos. Durante o dia, os ambientes urbanos, localizados nas regiões mais densamente ocupadas, aquecem-se a uma velocidade mais lenta que os ambientes localizados na periferia urbana. Por outro lado, devido a sua maior capacidade em absorver e armazenar o calor, durante a noite, o centro urbano está mais aquecido que as áreas perimetrais da cidade. No

perímetro urbano, a grande incidência de áreas verdes e a menor densidade de ocupação diminuem a capacidade de armazenamento de calor, favorecendo o resfriamento noturno. Este fenômeno é motivado pelos processos de evapotranspiração das plantas onde a grande parte do calor absorvido é utilizado para evaporar água. Além disso, deve-se considerar, que o perímetro urbano recebe influência das áreas rurais existentes no entorno urbano, onde há basicamente plantações.

7.1.2. Análise do comportamento térmico nas regiões mais densamente ocupadas.

No período de inverno, constatou-se que as regiões mais densamente ocupadas apresentam as menores amplitudes térmicas.

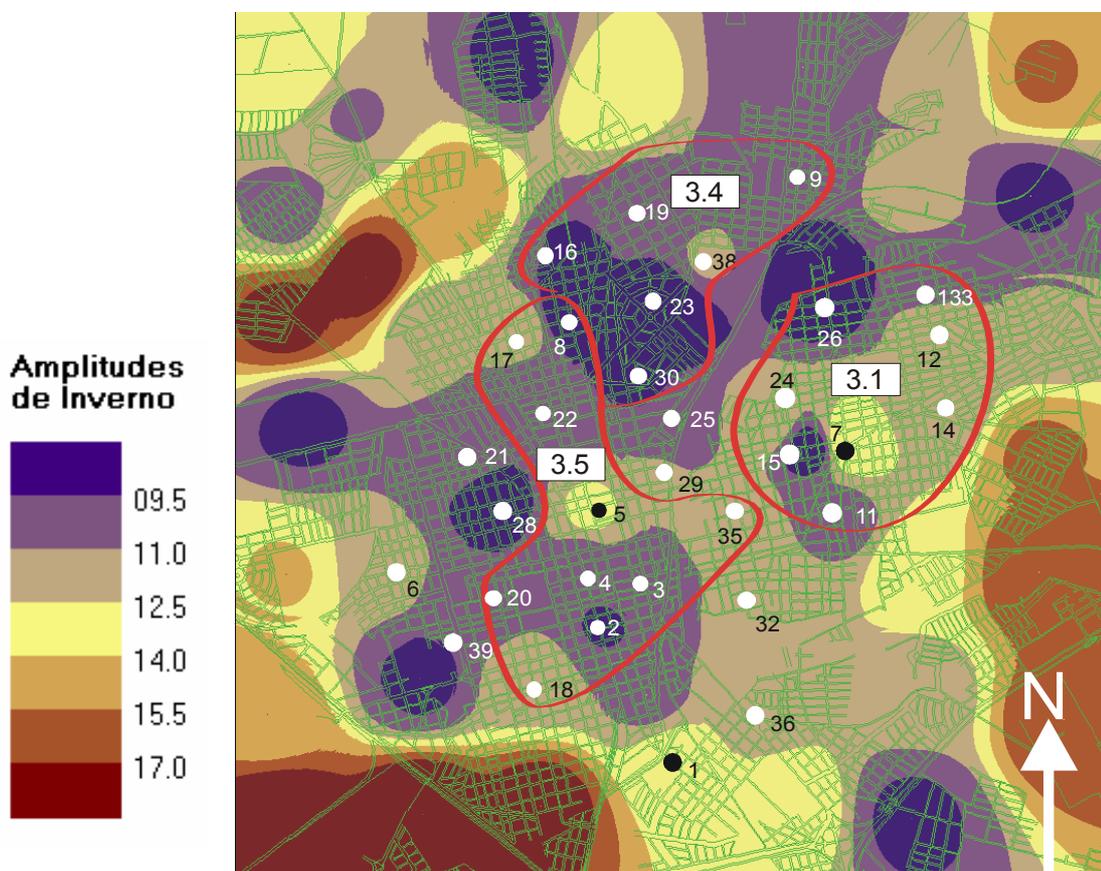


Figura 7.3: Amplitudes térmicas no período de inverno

Analisando os mapas do período de inverno, observa-se que, nestes ambientes, a diminuição das amplitudes é decorrente de menores temperaturas máximas e maiores temperaturas no período noturno, indicando a ocorrência do fenômeno de inércia térmica urbana, fato que contribui para a formação das ilhas de calor urbanas.

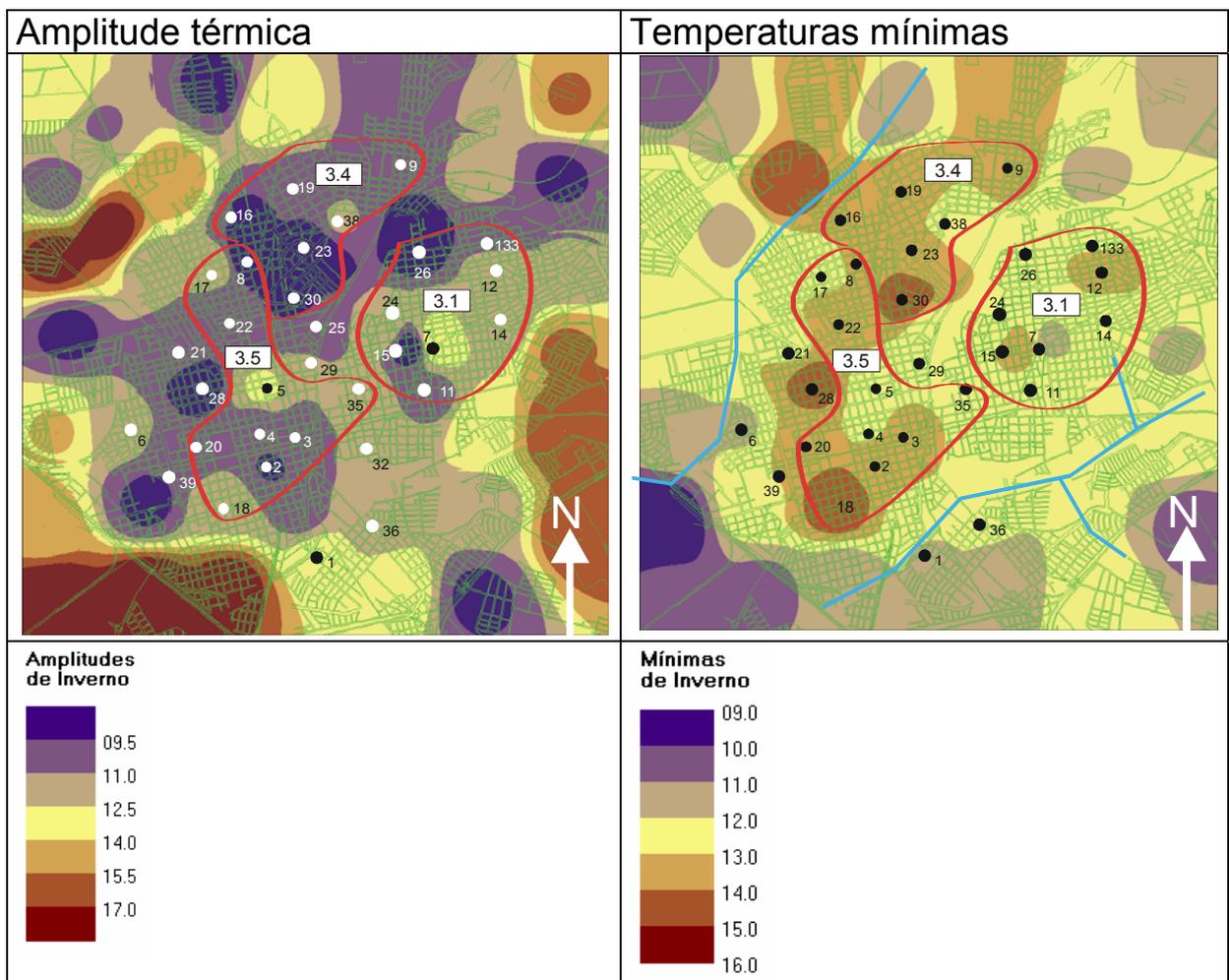


Figura 7.4: Amplitude Térmica e Temperaturas mínimas no período de inverno

Nos estudos dos fenômenos térmicos a inércia indica um estado de persistência de temperatura. Durante o dia, as regiões mais adensadas da malha urbana armazenam grande quantidade de calor. No período noturno, este calor é devolvido para a atmosfera. Assim, as regiões mais adensadas da malha urbana tendem a apresentar menores picos de temperatura.

- Identificação da influência da densidade de construção, número de habitantes e áreas impermeabilizadas.

O maior armazenamento de calor nas regiões mais centrais da malha urbana ocorre em consequência do alto índice de ocupação, da geometria urbana, da influência das atividades humanas e das menores quantidades de áreas verdes.

Considerando, que a cidade de Araraquara não apresenta índices de verticalização acentuados, conclui-se que a massa construída (edifícios) e as superfícies pavimentadas são os principais parâmetros de ocupação que contribuem para a ocorrência do fenômeno de inércia térmica urbana, devido a sua maior capacidade de absorver e armazenar calor. O gráfico abaixo compara os valores máximos destes parâmetros de ocupação nas regiões destacadas do mapa. Os números 3.1, 3.4 e 3.5 indicam os agrupamentos dos pontos monitorados nas regiões mais densas da cidade de Araraquara, extraídos das análises de Cluster para o período de inverno. Estes valores são indicativos importantes para o entendimento do fenômeno observado.

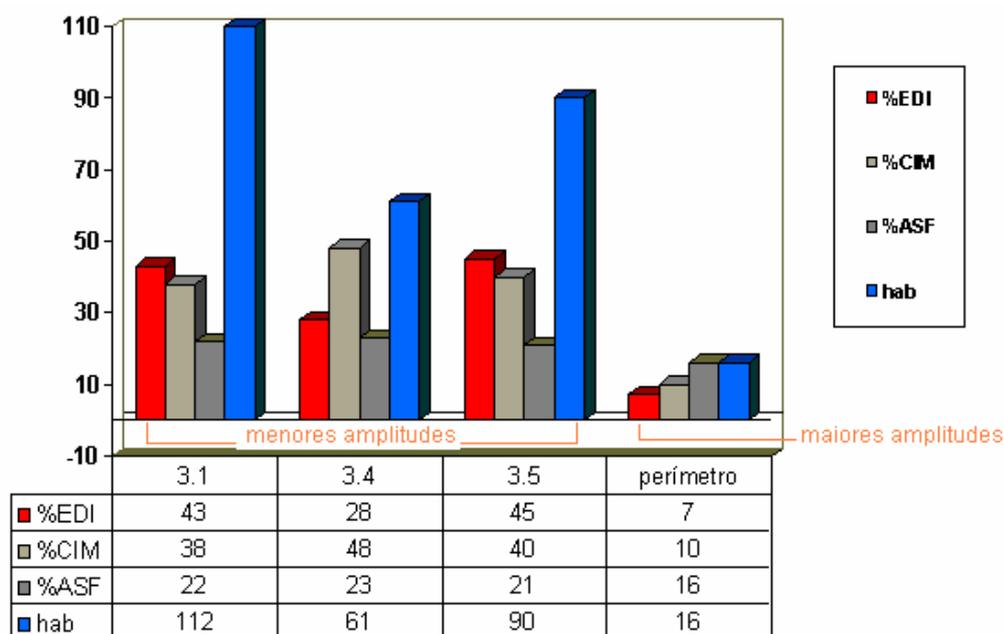


Gráfico 7.1: Parâmetros de ocupação urbana, identificados nos agrupamentos 3.1, 3.2, 3.4 e perímetro urbano.

- Identificação do efeito da vegetação na área mais densamente ocupada.

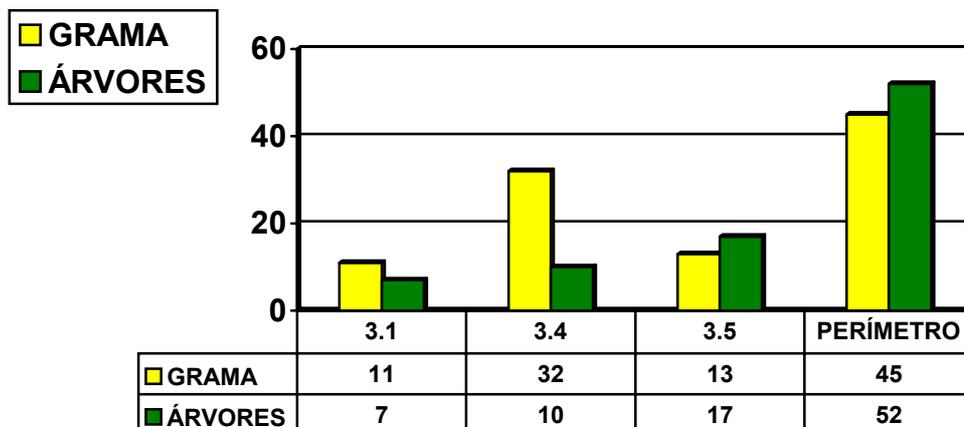


Gráfico 7.2: Presença de arborização e vegetação em distintas regiões da malha urbana de Araraquara (centro urbano x perímetro urbano)

Sabe-se que a maior quantidade de espécies vegetais, reduz as temperaturas do ambiente circundante devido à evaporação, aumentando a umidade do ar. Por outro lado, as áreas sombreadas diminuem a quantidade de radiação que chega até a superfície do solo. De modo comparativo, o gráfico 7.2, indica o maior valor percentual de áreas verdes, identificado no raio de influência dos pontos; nas regiões perimetrais e nas regiões mais densamente ocupadas da malha urbana (agrupamentos 3.1, 3.4 e 3.5). Nos pontos localizados nas regiões perimetrais, o valor máximo registrado foi de 45% de grama e 52% de áreas arborizadas. Na região mais densamente ocupada da malha urbana, a maior porcentagem de superfície gramada ocorre nos pontos do agrupamento 3.4. Considerando que, a sombra das árvores, protegem as superfícies de asfalto e cimento da radiação solar direta; supõem-se que nos ambientes com altos índices de superfícies pavimentadas, a contribuição da arborização pode ser superior a exercida pelas superfícies de áreas gramadas, pois reduzem a quantidade de calor armazenado. Infelizmente, a amostragem de dados obtidos nesta pesquisa não permite fazer afirmações a este respeito. No entanto, deve-se considerar esta tendência no desenvolvimento de trabalhos futuros.

➤ Identificação da influência do relevo e dos ventos.

Sabe-se que maiores altitudes estão associadas a menores temperaturas do ar. Nas cotas mais altas do relevo, quando não há obstáculos, a ação dos ventos pode exercer um papel predominante no resfriamento dos ambientes. Por outro lado, na ausência de ventos, o ar frio desloca-se para as partes mais baixas do relevo, favorecendo o resfriamento dos ambientes. Através das leituras dos mapas térmicos, no período de inverno, pode-se observar alguns indicativos da influência do relevo nas variações térmicas registradas, na malha urbana de Araraquara. A figura 7.5 ilustra as análises realizadas para o período diurno.

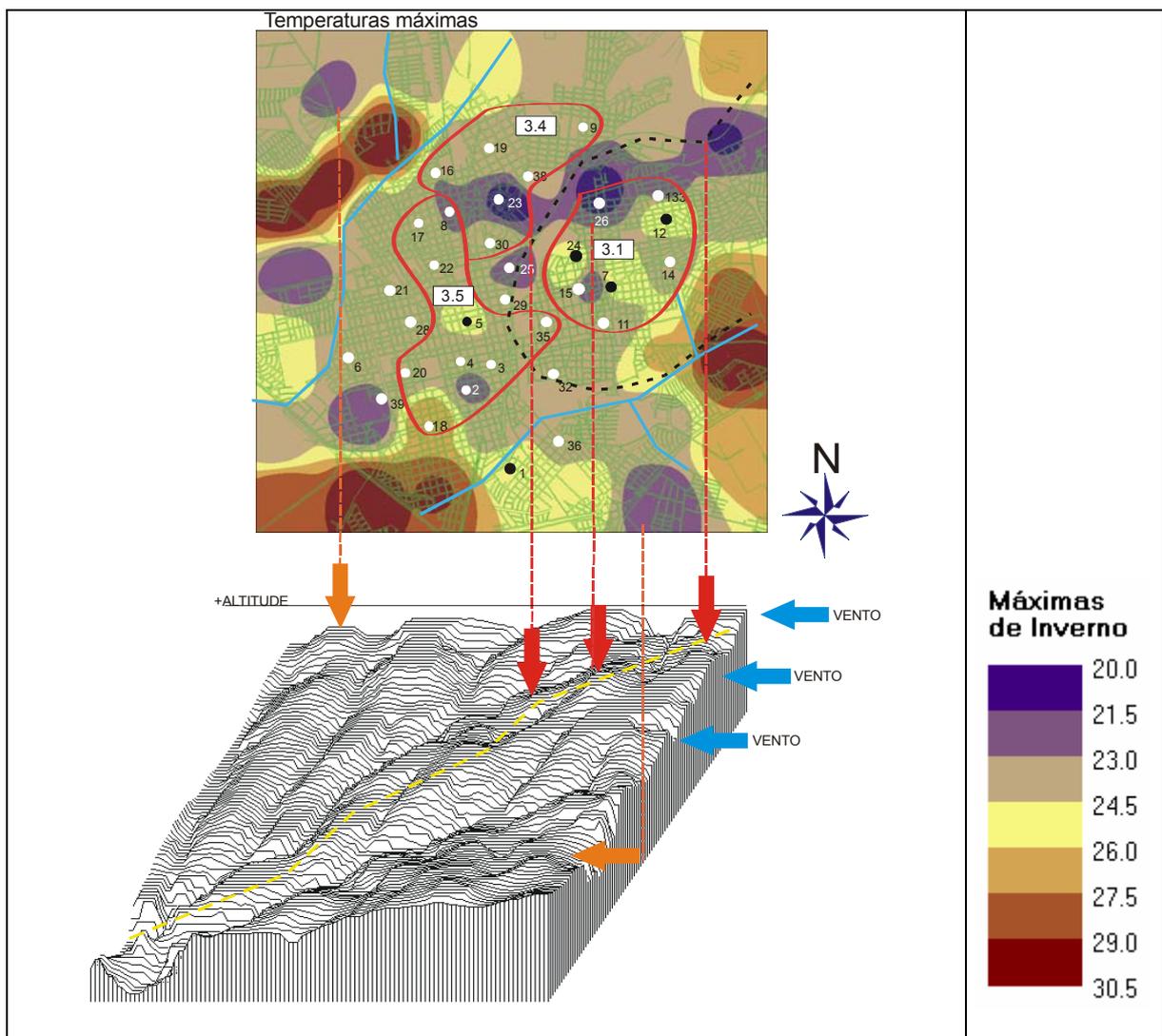


Figura 7.5: Influência do relevo na variação de temperatura máxima (inverno).

2. Por outro lado, na ausência de ventos, o ar frio desloca-se pelas cotas mais baixas até o vale. A região mais aquecida, na faixa de 14°C, localiza-se à esquerda do vale.

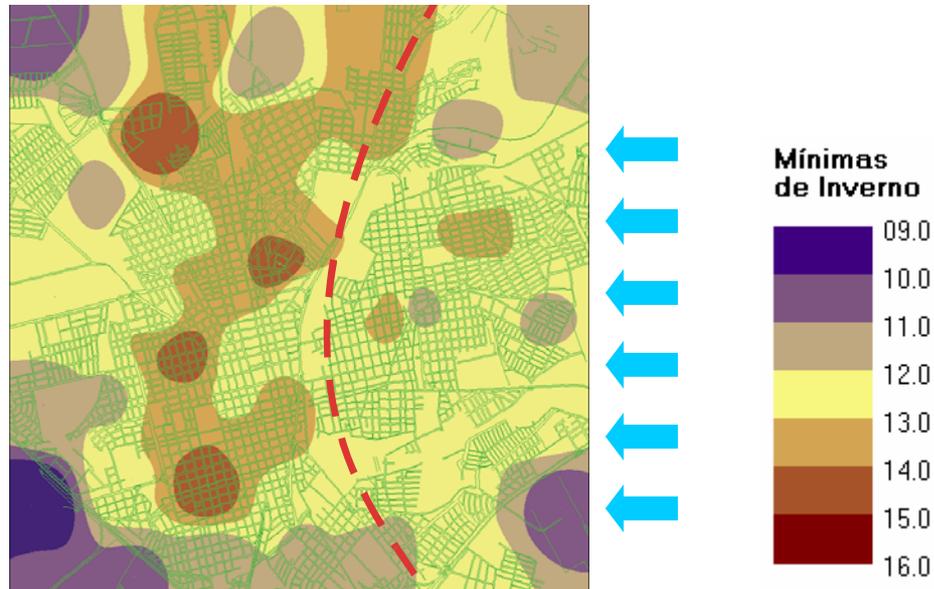


Figura 7.7: Influência do relevo e dos ventos predominantes na variação de temperatura mínima (inverno)

Influência dos ventos predominantes no período diurno e noturno

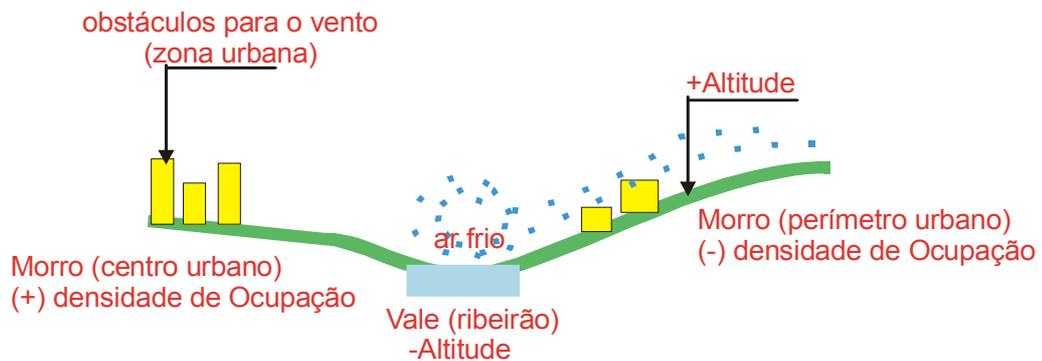


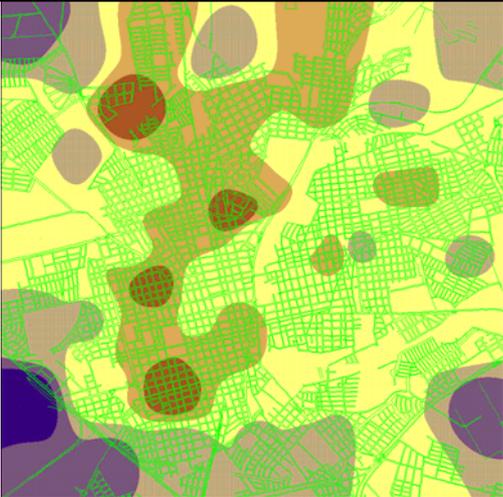
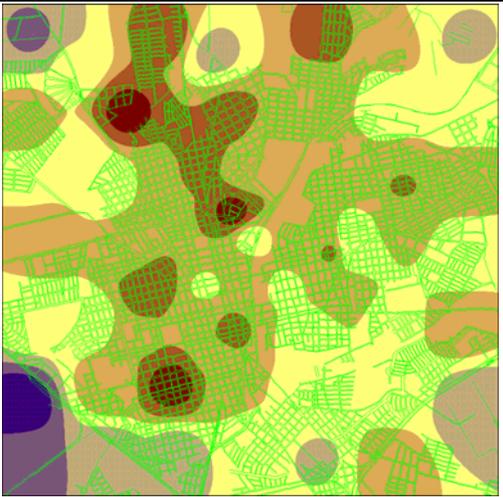
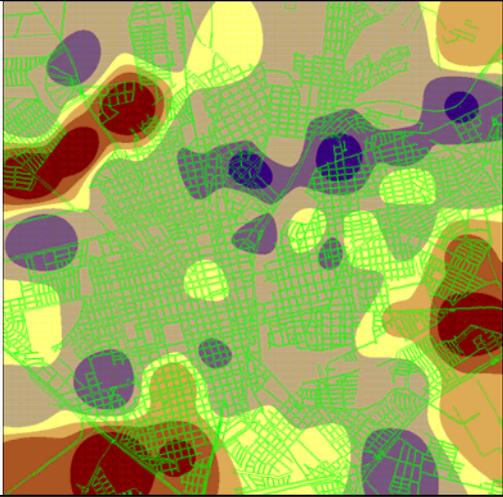
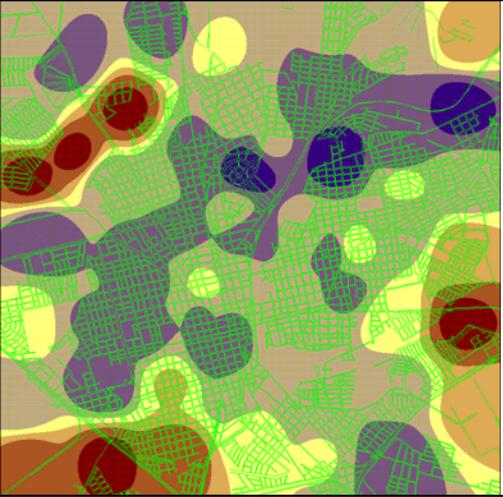
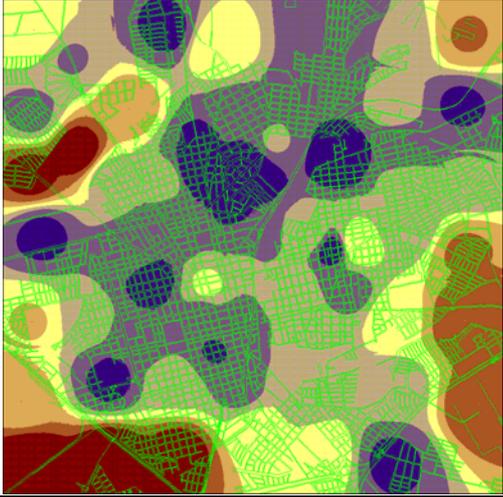
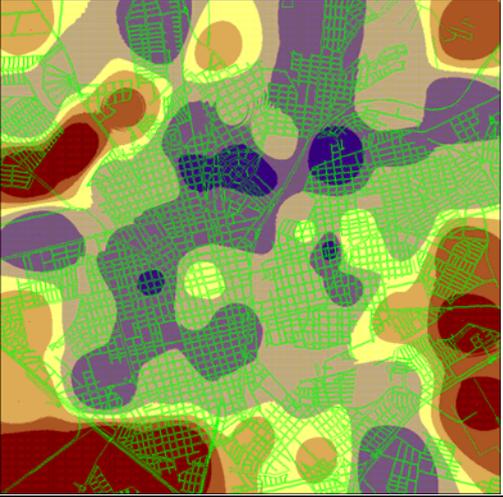
Figura 7.8: Influência do relevo na variação de temperatura mínima.

➤ Comparação entre o período de inverno e verão:

Os fenômenos observados através dos mapas de inverno, são igualmente visíveis no período de verão. Observa-se, no entanto, que o comportamento da massa construída submetida a temperaturas mais elevadas, cria um sistema mais

eficiente para fornecer calor ao ambiente. Dessa forma, conclui-se que os fenômenos observados são mais acentuados no período de verão.

Tabela 7.1: Comparação entre períodos de inverno e verão.

Inverno	Verão
Temperaturas mínimas	Temperaturas mínimas
	
Temperaturas máximas	Temperaturas máximas
	
Amplitude térmica	Amplitude Térmica
	

Das análises realizadas conclui-se que:

1- As tipologias de ocupação urbana interferem, significativamente, nas variações de temperatura do ar, conforme foi demonstrado no comportamento térmico do ambientes localizados no perímetro urbano e nas áreas mais adensadas.

2- A análise da região mais densamente ocupada da cidade de Araraquara indica a ocorrência do fenômeno de inércia térmica urbana, caracterizado por provocar um menor aquecimento do período diurno e um maior aquecimento do período noturno.

3- Aparentemente, os fatores que mais contribuem para a ocorrência deste fenômeno na cidade de Araraquara são: a maior densidade de construção e áreas pavimentadas, o número de habitantes e as menores porcentagens de áreas verdes.

4- Comparativamente, a maior amplitude térmica na região à leste da ferrovia é ocasionada pela influência do relevo e dos ventos predominantes.

5- Aparentemente os fenômenos observados no período de inverno são mais acentuados no período de verão.

6- Não foi realizada neste trabalho, nenhuma análise dos limites de conforto térmico para o ser humano. No entanto, vale ressaltar que, no período de verão, o fenômeno de inércia térmica, caracterizado pelas maiores temperaturas noturnas, pode ser extremamente desconfortável para os habitantes.

8. Considerações finais e propostas para novos estudos

As diferentes tipologias de ocupação urbana fazem da cidade um universo complexo. Traduzir esta complexidade sob o ponto de vista do comportamento térmico do ambiente, significa diagnosticar estas diferenças. Nesta análise, deve-se levar em conta, que a influência de um determinado parâmetro pode se sobrepor a outros. Em muitos casos, uma somatória de fatores é necessária para indicar as tendências de variações de temperatura. Alguns fatores são mais facilmente identificados, outros dependem de longos anos de estudo para serem diagnosticados.

Para obter um mapeamento da temperatura na cidade de Araraquara partiu-se do princípio de que a ocupação urbana exerce grande influência sobre as variações de temperatura do ar. A seleção dos pontos a serem monitorados procurou evidenciar as principais tipologias urbanas existentes, considerando as diferenças de altitudes, os índices de ocupação, as quantidades de áreas verdes, o número de habitantes, etc...

A análise de Cluster foi uma etapa decisiva para realizar as análises de regressão linear múltipla. O resultado das análises possibilitou a complementação dos dados de campo, resultando em parâmetros térmicos para 23 pontos da malha urbana. No entanto, vale ressaltar que, todas as análises qualitativas realizadas, foram determinantes para a avaliação dos resultados obtidos, evidenciando a importância desta etapa de trabalho durante o processo.

Se realizado de maneira sistemática, o monitoramento de temperatura no interior da malha urbana das cidades pode ser um instrumento eficaz para diagnosticar os parâmetros urbanos que mais intervêm nas variações térmicas

constatadas. Estes diagnósticos assumem uma importância fundamental na atividade de planejamento urbano.

O estudo realizado para a cidade de Araraquara, indicou algumas tendências que demonstram como a ocupação urbana pode interferir nas variações da temperatura do ar. No caso da região à leste do eixo ferroviário, uma das suposições levantadas é que a tipologia de ocupação urbana favorece a circulação do ar atmosférico. Qual seria o resultado, sob o ponto de vista climático, se esta região sofresse um acentuado processo de verticalização?

Na cidade de Araraquara, discute-se a possibilidade de uma remodelação urbana, que removeria o eixo ferroviário do centro da cidade, transferindo-o para uma região periférica. Partindo desta hipótese, sob o ponto de vista do impacto ambiental urbano, qual seria a melhor forma de ocupar estes vazios urbanos? Se considerarmos o interesse do capital imobiliário, com certeza esta área sofreria um intenso processo de construção.

A resposta para estas perguntas e muitas outras, poderiam ser obtidas através de estudos de simulação, com bases de dados gerados em monitoramentos sistemáticos.

Partindo das hipóteses levantadas neste estudo, sugere-se que seja realizado um estudo climático mais abrangente na cidade de Araraquara, onde:

- 1- sejam realizadas medições de vento no interior da malha urbana;
- 2- sejam considerados os parâmetros de umidade do ar, avaliando a influência da vegetação nas variações de temperaturas e umidade do ar;

- 3- o estabelecimento de diretrizes de planejamento urbano, através de zoneamentos bioclimáticos da cidade, resultando em espaços urbanos mais confortáveis e com melhor qualidade de vida;
- 4- o estabelecimento de zonas de conforto urbanas;
- 5- a elaboração de diretrizes projetuais que possibilitem construções mais adequadas ao meio, resultando na melhor qualidade dos edifícios, e conseqüentemente, melhor conforto para os usuários;
- 6- o desenvolvimento de um planejamento urbano apropriado melhore o conforto dos espaços públicos, refletindo nos edifícios e na qualidade de vida de seus usuários.

REFERÊNCIAS

ASSIS, Eleonora Sad. *Impactos da forma urbana na mudança climática: Método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano*. TESE (Doutorado) – Universidade de São Paulo. 2000.

AZEVEDO, Tarik Rezende de. O fluxo de calor gerado pelas atividades humanas. In: ——— e AZEVEDO, Tarik Rezende de (Orgs.). *Os climas na cidade de São Paulo – teoria e prática*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2001. GEOUSP. p. 71-93.

BARBIRATO, Gianna Melo. Aplicação de Modelo de balanço de energia para a análise do ambiente Térmico urbano de Maceió –AL. TESE (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 1998 (nota de rodapé).

BITAN, Arie; ASSIF, Shamaï. "Climatic Data Analysis and its use and representation for planners". *Energy and Buildings, Netherlands*, n.7, p.11-22, 1984.

BITAN, Arie; "The methodology of applied climatology in planning and building". *Energy and Buildings, Netherlands*, n.11, p.1-10, 1988.

BITAN, Arie; "Bet She'an Master Plan – Climatic Rehabilitation of an Ancient Historic City". *Energy and Buildings, Netherlands*, n.15-16, p.23-33, 1990/91.

BUSTOS ROMERO, Marta Adriana. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Editora da Universidade. Brasília. 2001.

———. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. 2. ed. Editora da Universidade. Brasília. 2000.

CHANDLER, T.J. "Selected bibliography on urban climate". Geneva, World Meteorological Organization, Geneva, 383p. 1970 (WMO n.276).

———. "Urban Climatology and its relevance to urban design" World Meteorological Organization, Geneva, 61p. (WMO n. 438). 1976.

DANNI, Inês M. "A ilha térmica de Porto Alegre. Contribuição ao estudo do clima urbano". *Boletim Gaúcho de Geografia, Série Geo*, V.8, p. 33-48, 1980.

DUARTE, Denise. *Padrões de Ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima Tropical Continental*. TESE (Doutorado) – Universidade de São Paulo. 2000.

FONTES, Maria Solange Gurgel de Castro. *Efeito climático das áreas de fundo de vale no ambiente urbano: o caso de São Carlos–SP*. São Carlos. TESE (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1998.

——— e DELBIN, Simone. A qualidade climática dos espaços públicos urbanos: um estudo de caso na cidade de Bauru-SP. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. ENCAC - São Pedro, S.P. 2001.

GONZÁLEZ, Eduardo M. Algunas Reflexiones sobre la arquitectura bioclimática de nuestras ciudades. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. ENCAC - São Pedro, S.P. 2001.

GOULART, Solange V.G. *Dados climáticos para avaliação do desempenho térmico de edificações em Florianópolis*. Dissertação de mestrado em engenharia civil. Universidade de Santa Catarina, Florianópolis - S.C. 1993.

HIGUERAS, Esther. *Urbanismo Bioclimático. Criterios Medioambientales en la Ordenación de Asentamientos*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Madrid. 1997.

LANDSBERG, Helmut E. *The urban climate* .Vol.28. International Geophysics Series. Institute for Physical Science and Technology. University of Maryland. 1981. p. 23-124.

LOMBARDO, Magda A. *Ilhas de Calor nas Metrôpoles: O Exemplo de São Paulo*. São Paulo: Editora Hucitec – Lalekla S.A. 1985.

LOMBARDO, Magda. O clima e a cidade. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Salvador. 1997.p. 59-62.

KURBÁN A., PAPARELLI A. e CÚNSULO M. Aporte de la forestación al control del clima urbano en Zona Árida. In: AVANCES EN ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE. ASADES, Buenos Aires. 2002.

LIMA, Alessandra de. *Vazios urbanos e dimensões de sustentabilidade*. Uma nova proposta conceitual para um inventário urbano. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos, S.P. 2002.

MONTEIRO, C.A *Teoria e clima urbano*. São Paulo. USP. Série teses e monografias. 1976.

MOTA, Coqueiro. Monografia da palavra “Araraquara”: estudo linguístico do nome da cidade de Araraquara. 3ª.Ed. São Paulo, 1940.

NAHAS Ezequiel, SARTORIO Javier, SCHILLER Silvia. Parámetros de Sustentabilidade para a cidade de Buenos Aires. In: AVANCES EM ENERGIAS RENOVABLES Y MÉDIO AMBIENTE. ASADES. Buenos Aires. 2002.

OKE, T.R. “Review of urban climatology” 1968 – 73. Technical note n. 134, WMO n. 383, Geneva, 132p. 1974.

OKE, T.R. "The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands". *Atmosphere*, V.14, n.4, p.269 –277,1976.

OKE, T.R."Review of urban climatology" 1974- 78. Technical note n. 169, WMO n. 539, Geneva, 100p. 1979.

OKE, T.R.; KALANDA, B.D. & STEYN, D.G. "Parameterization of heat storage in urban areas" *Urban Ecology*, 5 (1980/81), pg. 45-54.

OKE, T.R. "The energetic basis of the urban heat island". *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, v.108, n.455, p.1-24, jan 1982.

OKE, T.R. *Boundary Layer Climates*. Second Edition. New York: Routledge, p. 3-76; 272-303. 1996

Nunez, M & Oke, T.R. "Modeling the daytime urban surface energy balance" *Geographical Analysis*, 12 (1980) pg. 373-386.

RIVERO, Roberto. *Clima e Arquitetura: Acondicionamento Térmico Natural*. Editora da Universidade. 1985.

RORIZ, Maurício; GHISI EneDir e LAMBERTS Roberto. Uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENCAC. Fortaleza. 1999.

RORIZ, Maurício; software "Aura Cor". (desenvolvido para a leitura das imagens gráficas elaboradas a partir de fotos aéreas da cidade de Araraquara).

ROSE Leanna Shea;AKBARI Hashem; TAHA Haider : Characterizing the Fabric of the Urban Environment:. A Case Study of Greater Houston, Texas*/ Heat Island Group. Environmental Energy Technologies Division. Lawrence Berkeley National Laboratory.University of California.

SAMPAIO, A.H.L. – Correlações entre uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador. TESE (Mestrado) – Departamento de Geografia, FFLCH – Universidade de São Paulo, 1981.

SANTANA, Andréia Maria Sobreira de. O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza. In: IV ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. ENCAC. Salvador, BA. 1997.

SCHANZER, Dora Wachsmann e MASCARÓ, Lúcia. O uso de fontes passivas de energia para a climatização de espaços públicos. In: II ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. ENCAC. Florianópolis. S.C. 1993.

SCHILLER, Silvia de... e EVANS, John Martín. Evaluación de Impacto Ambiental de Proyetos Urbanos: el caso del Boulevard EX – AU3 – Buenos Aires. In: AVANCES

EM ENERGIAS RENOVABLES Y MÉDIO AMBIENTE. ASADES –. Buenos Aires. 2002.

SILVEIRA, Bueno. Vocábulo Tupi- Guarani. Português. 5ª.Ed. Editora e distribuidora Brasilivros Ltda. p. 518.

TARIFA, José Roberto. Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP), Brasil. Geografia, V.2 (4), p. 59-60, Rio Claro, 1977.

TARIFA, José Roberto. O ritmo e a prática do estudo dos climas de São Paulo (1970-2000). In: ——— e AZEVEDO, Tarik Rezende de (Orgs.). *Os climas na cidade de São Paulo – teoria e prática* São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2001. GEOUSP. p. 11-33.

TARIFA, José Roberto e ARMANI, Gustavo. Os climas urbanos. In: ——— e AZEVEDO, Tarik Rezende de (Orgs.). *Os climas na cidade de São Paulo – teoria e prática* São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2001. GEOUSP. p. 47-70.

www.ibge.gov.br

www.cptec.inpe.br

www.wmo.ch/index-en

<http://ingrid.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.UEA/.CRU/.New/.CRU05/.climatology/.c6190/>

www.geografia.fflch.up.br/lcb/menu6.htm

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS UTILIZADOS

ABSORTÂNCIA - Indica a capacidade de um objeto em absorver energia radiante. Costumam ser expressas em porcentagem (ou por um número entre 0 e 1). Um objeto escuro e opaco tem valor alto de absorvância.

ALBEDO - Relação da quantidade de radiação refletida da superfície de um objeto e comparada à quantidade de reflexos que a radiação produz. Isto varia de acordo com a textura, cor e expansão da superfície do objeto e é informado em porcentagem. Superfícies com altas taxas de albedo incluem areia e neve, enquanto que baixas taxas de albedo incluem florestas e terra fresca.

ALTITUDE - Em meteorologia, é a medida da altura de um objeto aerotransportado, sobre a pressão constante de uma superfície, ou sobre o nível do mar.

AMPLITUDE TÉRMICA - Diferença entre as temperaturas máximas e mínimas.

ANTRÓPICO - Relativo à humanidade, à sociedade humana, à ação do homem. Termo de criação recente, empregado por alguns autores para qualificar um dos setores do meio ambiente, o meio antrópico, compreendendo os fatores sociais, econômicos e culturais; um dos subsistemas do sistema ambiental, o subsistema antrópico.

ATMOSFERA - O gás ou a porção de ar do ambiente físico que cerca um planeta. No caso da Terra, está situada mais ou menos perto da superfície em razão da atração gravitacional da Terra. As divisões da atmosfera incluem: troposfera, estratosfera, mesosfera, ionosfera e exosfera.

AZIMUTE - Ângulo tomado sobre o plano horizontal, no sentido horário, entre a direção dos raios solares e a direção do norte verdadeiro.

BAIXAS LATITUDES - Cinturão localizado entre 0 (zero) e 30 (trinta) graus de latitude, tanto ao norte quanto ao sul do Equador. Também chamado de região tropical ou tórrida.

BIOCLIMA: Relação entre o clima e os organismos vivos.

BIOCLIMÁTICA: Ciência que relaciona as características climáticas de certo lugar e os organismos vivos.

CALMARIA - Condições atmosféricas destituídas de vento ou de qualquer outro movimento do ar. Em termos oceânicos, é a ausência aparente de movimento da superfície de água, quando não há nenhum vento ou ondulação.

CALOR - Forma de energia transferida entre dois sistemas em virtude de uma diferença na temperatura. A primeira lei das termodinâmicas demonstrou que o calor absorvido por um sistema pode ser usado pelo sistema para fazê-lo funcionar, ou para elevar sua energia interna.

CÉU CLARO - O estado do céu quando nenhuma nuvem ou obscurecimento são vistos ou detectados do ponto de observação.

CLIMA - O registro histórico e a descrição da média diária e sazonal de eventos climáticos que ajudam a descrever uma região. As estatísticas são extraídas de várias décadas de observação. A palavra é derivada do grego, klima, significando inclinação e refletindo a importância que os estudos da antiguidade atribuíram à influência do Sol.

CLIMATOLOGIA - O estudo do clima. Inclui dados climáticos, a análise das causas das diferenças no clima e a aplicação de dados climáticos na solução de objetivos específicos ou problemas operacionais.

CLIMATOLOGIA APLICADA - Parte da Climatologia (e da Meteorologia Aplicada) relativa ao uso do conhecimento do clima em benefício das atividades humanas. As especialidades da Climatologia são: Agroclimatologia, Climatologia Aeronáutica, Bioclimatologia, Climatologia Urbana, etc.

CONDUÇÃO - Transferência de calor pela ação de uma substância molecular, ou pelo contato de uma substância com outra.

CONDUTIBILIDADE TÉRMICA- A condutibilidade térmica caracteriza a maior ou menor facilidade de condução de calor por parte dos materiais. O coeficiente de condutibilidade térmica k fornece o fluxo de calor que passa em 1 m^2 de superfície do material, quando este possui uma espessura de 1 m e é submetido a uma diferença de temperatura de 1 grau entre as suas faces. Os materiais que têm alto valor K são bons condutores de calor (por exemplo, os metais) ; os que têm baixo valor K são maus condutores de calor, ou isolante térmicos.

CONVECÇÃO - Movimentos internos organizados dentro de uma camada de ar, produzindo o transporte vertical de calor. A convecção é essencial para a formação de muitas nuvens, especialmente do tipo cumulus.

DENSIDADE - Relação da massa de uma substância com o volume que ela ocupa. Em oceanografia, é equivalente a uma gravidade específica e representa a relação do peso de um determinado volume de água do mar com o volume igual de água destilada a $4,0$ graus Celsius ou $39,2$ graus Fahrenheit.

EVAPORAÇÃO - O processo físico pelo qual um líquido, como a água, é transformado em estado gasoso, como vapor de água. É o processo físico oposto de condensação.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO - O total de água transferida da superfície da Terra para a atmosfera. É composto da evaporação do líquido, ou "água sólida", acrescida da transpiração das plantas.

INÉRCIA TÉRMICA - Se o Isolamento Térmico é a capacidade de deixar passar apenas uma parcela do calor que incide sobre uma das faces da envolvente, a Inércia Térmica é, por sua vez, a capacidade da mesma envolvente retardar a passagem desta porção de calor. Corresponde este efeito ao das antigas paredes de pedra

com imponente espessura as quais, mesmo sendo um isolamento térmico pobre, através da sua grande inércia térmica proporcionavam que o interior, mesmo durante as horas de maior incidência solar, se conservasse fresco. Por consequência, quanto maior é a inércia térmica das envolventes de uma casa, tanto menor a amplitude térmica que se irá verificar no seu interior.

ISOTERMAS - Linhas de mesma temperatura, existentes em mapas térmicos.

LATITUDE - Localização, em relação à linha do equador, de um dado ponto na superfície da Terra. É medida em graus, e a linha do equador está a zero grau. Sua representação é feita através de linhas paralelas que circundam o planeta horizontalmente e o dividem em Norte e Sul. Os pólos Norte e Sul estão a 90 graus em relação à linha do equador.

LONGITUDE - Localização, em relação ao Meridiano Principal, de um dado ponto na superfície da Terra. Tal como a latitude é medida em graus - e o Meridiano Principal, em Greenwich, corresponde a zero grau de longitude. Sua representação é feita em linhas verticais que cruzam a Terra do Pólo Norte ao Pólo Sul. A distância entre as linhas de longitude é maior no equador e menor latitudes mais altas. As Zonas de tempo são relacionadas à longitude. Veja Tempo Médio de Greenwich.

PERTURBAÇÃO - Este termo tem várias aplicações. Pode ser aplicado para uma área de baixa pressão, ou ciclone pequeno em tamanho e influência. Também pode ser aplicado para uma área que esteja exibindo sinais de desenvolvimento ciclônico. O termo também é usado para definir uma fase de desenvolvimento de um ciclone tropical conhecida como perturbação tropical, para distinguir o fenômeno de outras características sinópticas.

PERTURBAÇÃO TROPICAL - Área de convecção organizada que se origina nos trópicos, ocasionalmente nos sub-trópicos, e que mantém suas características por 24 horas ou mais. Com frequência, é a primeira fase de desenvolvimento de qualquer depressão tropical subsequente, tempestade tropical ou furacão.

PRECIPITAÇÃO - A ação dos raios solares e do vento sobre as águas da superfície terrestre provoca o fenômeno da evaporação, que é a passagem da água do estado líquido para o estado de vapor. Devido à evaporação, uma quantidade enorme de gotículas de água fica em suspensão na atmosfera. Gotículas de água se concentram, formando nuvens. Ao se resfriar, a água das nuvens se precipita em forma de chuva. Por este motivo, a chuva é um tipo de precipitação pluvial. A quantidade de chuva que cai num determinado lugar e num determinado tempo é medida pelo pluviômetro e registrada pelo pluviógrafo. Considera-se precipitação todas as formas de água, líquida ou sólida, que caem das nuvens alcançando o solo: garoa, garoa gelada, chuva fria, granizo, cristais de gelo, bolas de gelo, chuva, neve, bolas de neve e partículas de neve. Seu volume é expresso, geralmente, em polegadas referindo-se ao estado da água - se líquida ou sólida - que cai sobre uma determinada região e por um determinado período de tempo.

RADIAÇÃO - Processo pelo qual a energia é propagada em qualquer meio através do movimento da onda daquele meio. Radiação eletromagnética é a que emite calor e luz, que também são formas de radiação. Ondas de som também são radiações.

REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA - Extensão da Regressão linear simples, que busca descrever o relacionamento entre uma variável de resposta (dependente) e duas ou mais variáveis independentes.

REFLETÂNCIA - Quando a radiação interage com um objeto, pode ser refletida, absorvida ou mesmo transmitida (no caso de objetos transparentes). Em geral a parte absorvida é transformada em calor ou em algum outro tipo de energia e a parte refletida se espalha pelo espaço. O fator que mede a capacidade de um objeto de refletir a energia radiante. Costumam ser expresso em percentagem (ou por um número entre 0 e 1). Um objeto escuro e opaco tem valor baixo de refletância.

RITMO CLIMÁTICO – Estados atmosféricos que se sucedem, em um período determinado. Segundo a revisão de Monteiro (1971) “...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”.

TAXIONOMIAS – Critérios de classificação.

TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA MENSAL - A mais alta das temperaturas máximas mensais observadas em um mês dado, durante um número determinado de anos.

TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA MENSAL - A mais baixa das temperaturas mínimas mensais observadas em um mês dado, durante um número determinado de anos.

TEMPERATURA MÉDIA - Média da leitura de temperaturas, verificada num período específico de tempo. Frequentemente a média entre temperaturas máxima e mínima.

TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA MENSAL - Temperatura mais alta de todas as temperaturas máximas mensais observadas em um determinado mês durante um número de anos determinados.

TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA MENSAL - Temperatura mais baixa de todas as temperaturas mínimas mensais observadas em um determinado mês durante um número de anos determinados.

TRANSMITÂNCIA - Capacidade de transmitir energia radiante. Um objeto escuro e opaco tem valor nulo de transmitância.

UMIDADE RELATIVA – Para uma dada temperatura e pressão, a relação percentual entre o vapor d'água contido no ar e o vapor que o mesmo ar poderia conter se estivesse saturado, a idênticas temperatura e pressão (WMO *apu* DNAEE, 1976).

UMIDADE - Diz respeito à quantidade de vapor d'água no ar. É frequentemente confundida com umidade relativa ou ponto de orvalho.

Anexos

Anexo 1: Análises de regressão linear múltipla para os agrupamentos da escala 3 de observação. Período de inverno

Anexo 2: Análise de Cluster para o período de verão. Agrupamentos formados.

Anexo 3: Tabelas de parâmetros térmicos e de ocupação urbana

Anexo 4: Tratamento gráfico sobre foto aérea nos 64 pontos da malha urbana

Anexo 1: Análises de regressão linear múltipla para os agrupamentos da escala 3 de observação. Período de inverno

□ **AGRUPAMENTO 3.1**

Tabela 9.1: Parâmetros utilizados na regressão Linear Múltipla. Agrupamento 3.1 (inverno)

		B	C	D	E	F	G	H	I	J	
ΔT_{max} medido	ΔT_{min} medido	%l.Ocup	%GRA	%ARV	%CIM	%ASF	ALT	HAB/ha	ΔAng IncSolar	agua	Pontos
2,36	-1,9	27,6	5,4	3,6	41	22,4	715	88,6	-0,88	23,1	7
-0,1	-0,7	43,5	5,2	5,6	30,4	15,3	710	104	-3,27	23,6	11
2,5	0,3	37,9	1,9	2,7	35	22,5	722,5	112,6	-0,69	23,5	12
0,7	-0,8	30,2	10,5	1,8	35	22,5	702,5	111,9	-3,41	24,1	14
-1	0,3	23,7	11,3	7,3	34,3	18,4	711	83,8	-0,64	22,8	15
-0,97	-0,97	25,1	5,6	4,8	45	19,5	722,5	85,5	-1,18	23,4	133
2,02	-0,58	38,7	0,6	3,6	37,8	19,3	707,5	70,7	-0,9	22,7	24
-2,22	-0,58	35,7	8,5	4,4	34,7	16,7	716	73,3	-1,6	23,6	26
2,34	-2,02	27,6	5,4	3,6	41	22,4	715	88,6	-0,91	23,1	37

O resultado das análises de regressão para as temperaturas mínimas no agrupamento 3.1 está mostrado nas tabelas abaixo. Este grupo apresentou coeficientes negativos para os parâmetros % de árvores, incidência de água e áreas asfaltadas. Os parâmetros grama, áreas cimentadas, nº de habitantes/ha e ângulo de incidência solar apresentaram coeficientes positivos.

Tabela 9.2: Resultados obtidos. ΔT_{min} (Agrupamento 3.1)

Parameter	Value	Error	t-Value	Prob> t
Y-Intercept	631,56	11,28	55,95	0,01
C	2,34	0,04	-57,12	0,01
D	-9,41	0,17	-56,83	0,01
E	1,13	0,02	51,17	0,01
F	-6,43	0,11	57,82	0,01
J	-24,99	0,45	-55,36	0,01
I	5,2	0,08	-64,03	0,01
H	0,76	0,01	57,91	0,01
R-Square(COD)	Adj. R-Square	Root-MSE(SD)		
1	1	0,03		

Tabela 9.3: Valores de ΔT_{min} estimados e medidos. Agrupamento 3.1 (inverno)

ΔT_{min} estimada = $631,56 + 2,34 \cdot col(C) - 9,41 \cdot col(D) + 1,13 \cdot col(E) - 6,43 \cdot col(F) - 24,99 \cdot col(J) + 5,2 \cdot col(I) + 0,76 \cdot col(H)$			
	A	B	
Ptos	ΔT_{min} medida	ΔT_{min} estimada	(A - B)
7	-1,9	-1,89	-0,01
11	-0,7	-0,72	0,02
12	0,3	0,2	0,1
14	-0,8	-0,88	0,08
15	0,3	0,34	-0,04
133	-0,97	-0,96	-0,01
24	-0,58	-0,52	-0,06
26	-0,58	-0,5	-0,08
37	-2,02	-2,05	0,03

A equação para $\Delta T_{máx}$ apresentou coeficientes negativos dos parâmetros $\Delta \text{ângIncsolar}$ e índice de proximidade de água. Os parâmetros índice de ocupação, % de áreas asfaltadas e altitude, apresentaram coeficientes positivos.

Tabela 9.4: Resultados obtidos. ΔT_{max} (Agrupamento 3.1)

Parameter	Value	Error	t-Value	Prob> t
Y-Intercept	4,21	15,75	0,36	0,74
B	0,15	0,02	7,79	0
F	0,81	0,06	13,94	7,99E-4
G	0,11	0,03	3,17	0,05
I	-1,6	0,37	-4,31	0,02
J	-4,52	0,71	-6,41	0,01
R-Square(COD)	Adj. R-Square	Root-MSE(SD)		
0,99	0,97	0,32		

Tabela 9.5: Valores de ΔT_{max} estimados e medidos. Agrupamento 3.1 (inverno)

ΔT_{max} estimada = $4,21 + 0,15 \cdot col(B) + 0,81 \cdot col(F) + 0,11 \cdot col(G) - 1,6 \cdot col(I) - 4,52 \cdot col(J)$			
	A	B	
Ptos	ΔT_{max} medida	ΔT_{max} estimada	(A - B)
7	2,36	2,14	0,22
11	-0,1	-0,21	0,11
12	2,5	2,48	0,02
14	0,7	0,76	-0,06
15	-1	-1,15	0,15
133	-0,97	-0,63	-0,34
24	2,02	2,31	-0,29
26	-2,22	-2,26	0,04
37	2,34	2,19	0,15

□ **AGRUPAMENTO 3.4**

Tabela 9.6: Parâmetros considerados na regressão linear múltipla. Agrupamento 3.4 (inverno)

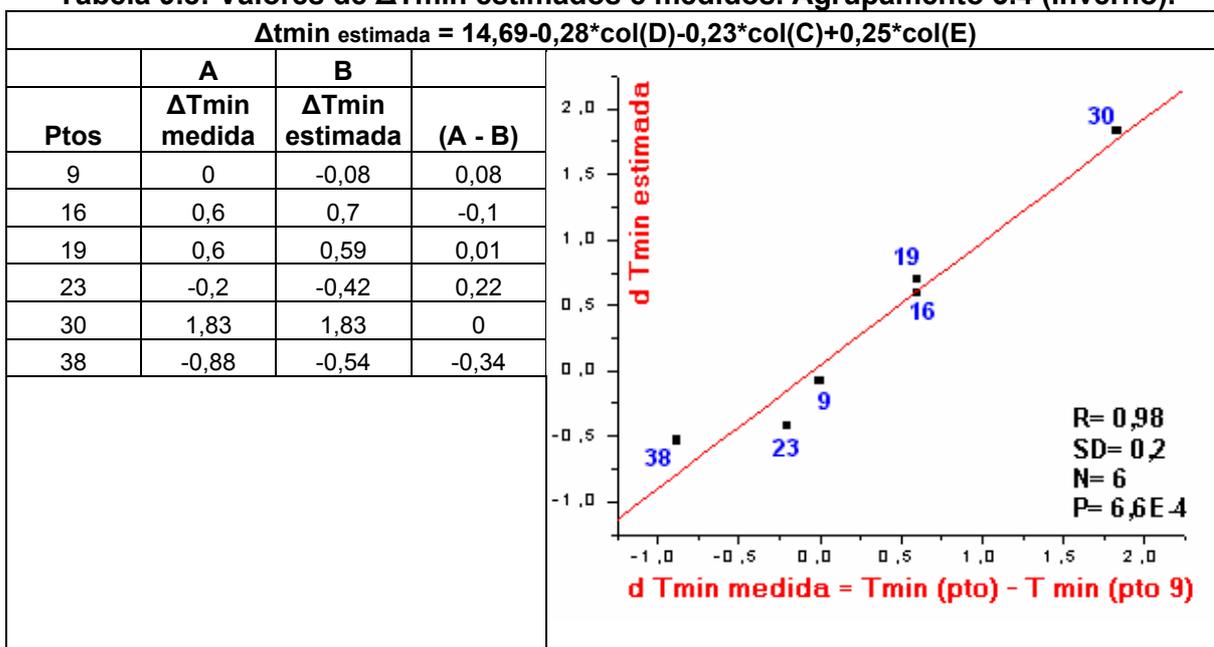
		B	C	D	E	F	G	H	I	J	
ΔT_{max} medido	ΔT_{min} medido	%I.Ocup	%GRA	%ARV	%CIM	%ASF	ALT	HAB/HEC	ΔAng IncSolar	agua	
0	0	21,5	32,5	3	25,8	17,2	695	56,5	0	28,1	9
-0,2	0,6	27,4	4,7	3,7	47,5	16,7	667,5	61,4	0,99	27,8	16
1,3	0,6	28,4	12,6	4,1	40,2	14,7	686	45,3	0,99	29,5	19
-2,64	-0,2	25,3	4,9	10,2	44,5	15,1	702,5	35,1	-2,72	24,8	23
1,02	1,83	24,4	8,6	8,4	34,1	23,8	687	41,4	-2,01	23,5	30
0,56	-0,88	17,2	22,2	7,3	32,3	21	705	22,2	-0,7	25,6	38

Este agrupamento apresentou influência negativa dos parâmetros grama, árvore (colunas C, D). O parâmetro % de áreas cimentadas apresentou coeficiente positivo (E). Os resultados são demonstrados a seguir.

Tabela 9.7: Resultados obtidos para ΔT_{min} .Agrupamento 3.4 (inverno)

Parameter	Value	Error	t-Value	Prob> t
Y-Intercept	14,69	2,24	6,57	0,02
D	-0,28	0,06	-4,7	0,04
C	-0,23	0,03	-6,92	0,02
E	0,25	0,04	6,01	0,03
R-Square(COD)	Adj. R-Square	Root-MSE(SD)		
0,96	0,9	0,29		

Tabela 9.8: Valores de ΔT_{min} estimados e medidos. Agrupamento 3.4 (inverno).



O resultados da regressão para $\Delta T_{\text{máx}}$, apresenta coeficientes positivos para os parâmetros % de áreas asfaltadas e Índice de água.

Tabela 9.9: Resultados obtidos na regressão linear múltipla para ΔT_{max} . Agrupamento 3.4 (inverno).

Independent:	Column(F) -> Column(J)			
Dependent:	Column(A)			
Parameter	Value	Error	t-Value	Prob> t
Y-Intercept	-27	6,88	-3,92	0,03
F	0,48	0,12	3,87	0,03
J	0,69	0,19	3,57	0,04
R-Square(COD)	Adj. R-Square	Root-MSE(SD)		
0,85	0,74	0,72		

Tabela 9.10: Valores de ΔT_{max} medidos e estimados. Agrupamento 3.4 (inverno)

$\Delta T_{\text{max}} \text{ estimada} = -27 + 0,48 * \text{col}(F) + 0,69 * \text{col}(J)$			
	A	B	
Ptos	ΔT_{max} medida	ΔT_{max} estimada	(A - B)
9	0	0,64	-0,64
16	-0,2	0,2	-0,4
19	1,3	0,41	0,89
23	-2,64	-2,64	0
30	1,02	0,64	0,38
38	0,56	0,74	-0,18

□ AGRUPAMENTO 3.5

Este agrupamento caracteriza-se por reunir os pontos localizados nas regiões mais centrais da malha urbana. As análises de regressão Linear para ΔT_{min} mostraram uma influência positiva do parâmetro % de áreas asfaltadas e índice de ocupação e uma influência negativa dos parâmetros grama, altitude e índice de água. Os resultados são demonstrados a seguir:

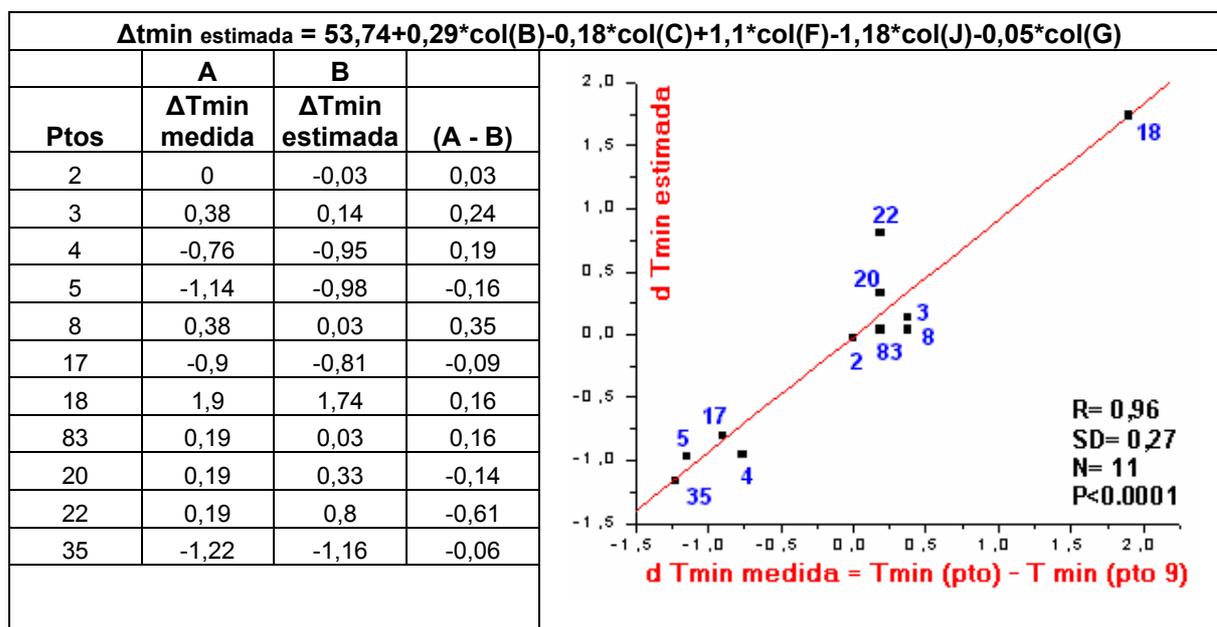
Tabela 9.11: Parâmetros considerados na regressão linear múltipla. Agrupamento 3.4 (inverno)

		B	C	D	E	F	G	H	I	J	
ΔT_{max} medido	ΔT_{min} medido	%I.Ocup	%GRA	%ARV	%CIM	%ASF	ALT	HAB/HEC	ΔAng IncSolar	agua	
-0,39	0	35,1	6,4	9,8	32,8	15,9	670	78,1	-2,29	22,4	2
0,39	0,38	45	5	5,8	26,1	18,1	665	35	-2,47	22,3	3
0,39	-0,76	36,4	0	11	38	14,6	680	74,8	-0,93	22,2	4
2,36	-1,14	35,9	3,9	9,2	35,7	15,3	680	56,1	-0,8	22,4	5
-1,16	0,38	37,9	2,8	4,8	33,8	20,7	686	83,8	0,22	26	8
1,3	-0,9	42,1	0,8	7,7	29,1	20,3	667,5	89	0,64	26,4	17
3,9	1,9	34,9	2,3	6	40	16,8	675	86,9	-0,82	22,2	18
-1,81	0,19	37,9	2,8	4,8	33,8	20,7	686	83,8	-1,19	26	83
-0,13	0,19	28,7	4,3	16,7	35,9	14,4	665	66	-0,81	22,8	20
-0,13	0,19	42,1	1,7	5,1	31,2	19,9	677,5	77,4	-1,22	24,1	22
1,41	-1,22	32,5	8,8	3,3	39,8	15,6	690	92,3	-1,89	22,5	35

Tabela 9.12: Resultados obtidos na análise de regressão linear múltipla para ΔT_{min} . Agrupamento 3.5 (inverno)

Independent:	Column(B) -> Column(G)			
Dependent:	Column(A)			
Parameter	Value	Error	t-Value	Prob> t
Y-Intercept	53,74	10,78	4,78	0
B	0,29	0,05	5,85	0
C	-0,18	0,06	-3,24	0,02
F	1,1	0,16	6,99	9,23E-4
J	-1,18	0,18	-6,43	0
G	-0,05	0,01	-3,16	0,02
R-Square(COD)	Adj. R-Square	Root-MSE(SD)		
0,92	0,83	0,37		

Tabela 9.13: Valores de ΔT_{min} estimados e medidos. Agrupamento 3.5 (inverno).



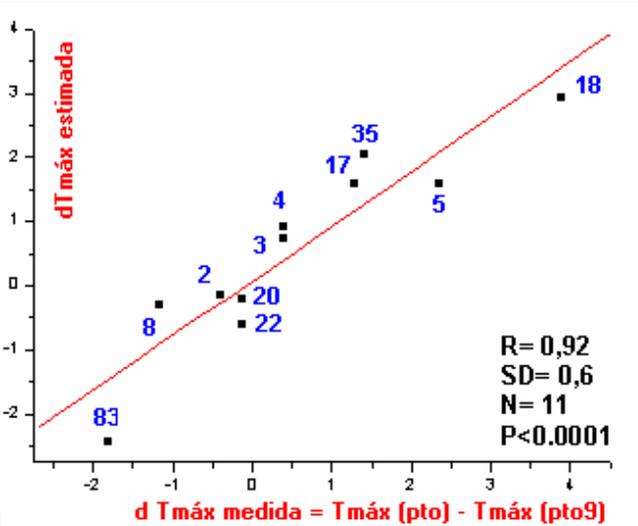
O resultado da análise de regressão para $\Delta T_{\text{máx}}$ apresenta coeficientes negativos para os parâmetros % de árvores, altitude e % de áreas asfaltadas; e coeficientes positivos para o ângulo de incidência solar.

Tabela 9.14: Resultados obtidos. Regressão linear múltipla para $\Delta T_{\text{máx}}$. Agrupamento 3.5 (inverno)

Parameter	Value	Error	t-Value	Prob> t
Y-Intercept	126,33	29,79	4,34	0
D	-0,66	0,13	-5,06	0
I	1,51	0,35	4,26	0,01
G	-0,15	0,04	-3,83	0,01
F	-1,01	0,17	-5,77	0
R-Square(COD)	Adj. R-Square	Root-MSE(SD)		
0,85	0,76	0,8		

Tabela 9.15: Valores de ΔT_{max} medidos e estimados. Agrupamento 3.5 (inverno)

$\Delta T_{\text{máx}} \text{ estimada} = 126,33 - 0,66 \cdot \text{col(D)} + 1,51 \cdot \text{col(I)} - 0,15 \cdot \text{col(G)} - 1,01 \cdot \text{col(F)}$			
	A	B	
Ptos	ΔT_{max} medida	ΔT_{max} estimada	(A - B)
2	-0,39	-0,15	-0,24
3	0,39	0,74	-0,35
4	0,39	0,92	-0,53
5	2,36	1,6	0,76
8	-1,16	-0,31	-0,85
17	1,3	1,59	-0,29
18	3,9	2,91	0,99
83	-1,81	-2,44	0,63
20	-0,13	-0,21	0,08
22	-0,13	-0,6	0,47
35	1,41	2,04	-0,63



$R = 0,92$
 $SD = 0,6$
 $N = 11$
 $P < 0.0001$

Anexo 2: Análise de Cluster para o período de verão. Agrupamentos formados.

Na análise de Clusters do período de verão foram utilizados os mesmos parâmetros que no agrupamento de inverno. A única diferença são os ângulos de incidência solar que, neste caso, referem-se ao dia 01 de Dezembro.

O gráfico resultante pode ser visualizado a seguir. A tabela 5.1 indica os agrupamentos formados, a partir da escala 8 de observação.

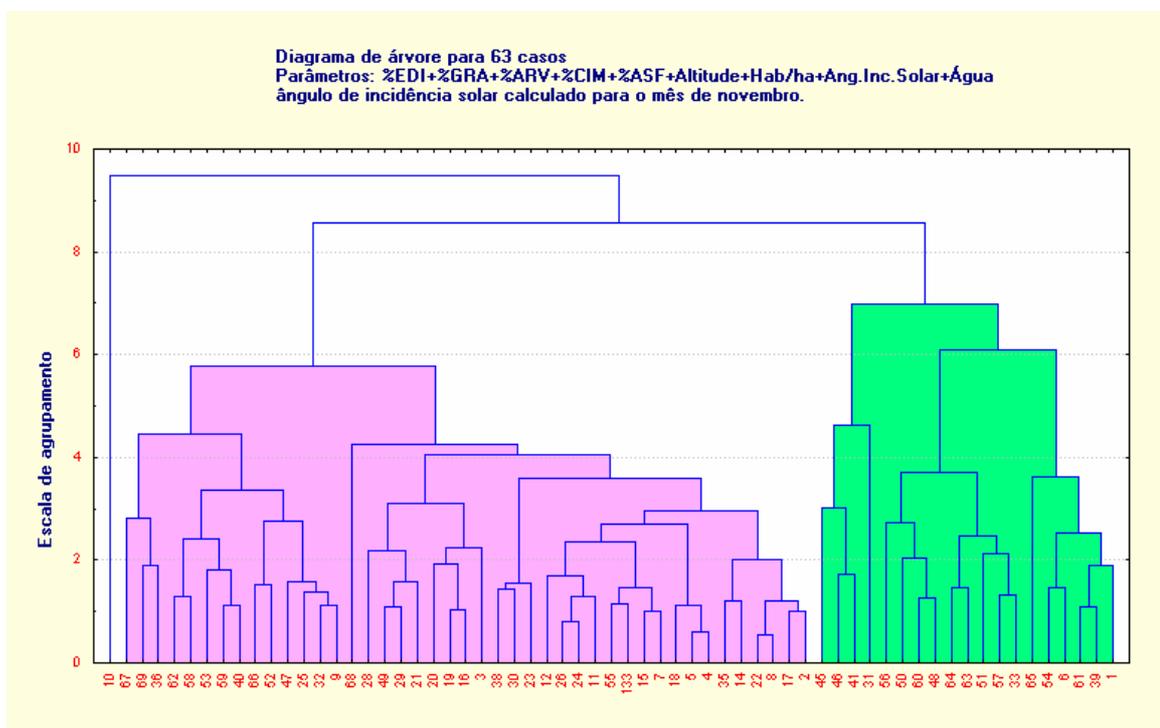


Figura 9.1: Análise de Clusters. Período de verão. Escala 8.

Tabela 9.16: Agrupamentos resultantes. (verão).

	Pontos monitorados	Pontos não monitorados
Agrupamento 1	10	
Agrupamento 2	36, 40, 25, 32, 9, 28, 29, 21, 20, 19, 16, 3, 38, 30, 23, 12, 26, 24, 11, 13, 15, 7,	67, 69, 62, 58, 53, 59, 66, 52, 47, 68, 49, 55.
Agrupamento 3	41, 31, 33, 6, 39, 1	45, 46, 56, 50, 60, 48, 64, 63, 51, 57, 65, 54, 61

Conforme pode ser visualizado, o agrupamento resultante do período de verão também gerou 3 conjuntos de pontos. Novamente o ponto 10 encontra-se isolado. Da mesma forma, diferenciam-se os pontos localizados mais próximos do perímetro urbano daqueles situados em áreas mais densamente ocupadas.

Neste caso, o agrupamento 3 reúne os pontos localizados no perímetro, incluindo os pontos 6, 39 e 1. Estes 3 pontos estão localizados em cotas mais baixas do relevo, próximos de cursos d'água, em regiões intermediárias entre o perímetro e as áreas mais densamente ocupadas. Devido às condições do relevo, o valor dos ângulos de incidência solar foi o fator predominante para a inclusão destes pontos no agrupamento 3. Vale ressaltar que, na escala 3 de observação dos agrupamentos de inverno, estes pontos se encontravam em grupos isolados. Pode-se dizer que os pontos 6, 39 e 1 estão na fronteira entre as áreas perimetrais e as regiões mais densamente ocupadas.

Por fim, o agrupamento 2 reúne os pontos localizados nas áreas mais ocupadas da cidade.

Anexo 3: Tabelas de parâmetros térmicos e de ocupação urbana

Tabela 9.17: Banco de dados pontos monitorados

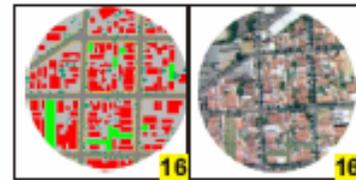
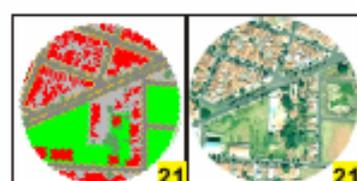
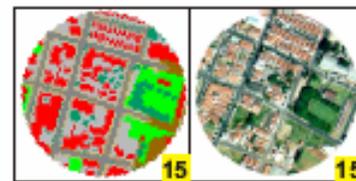
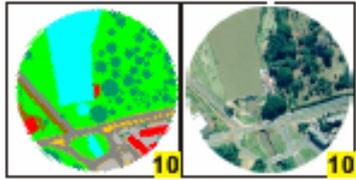
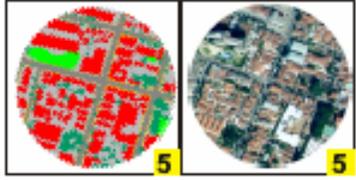
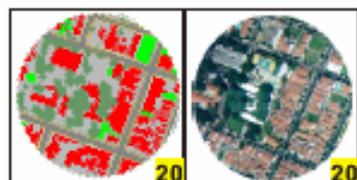
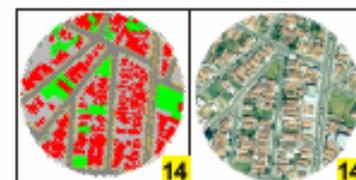
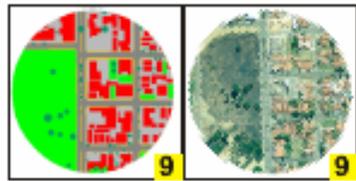
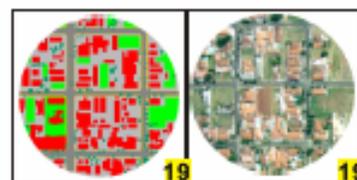
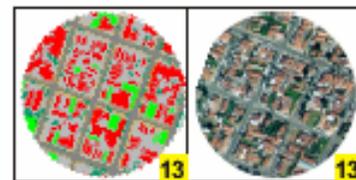
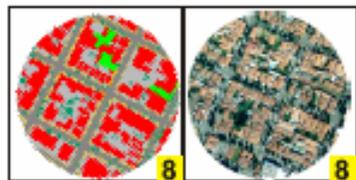
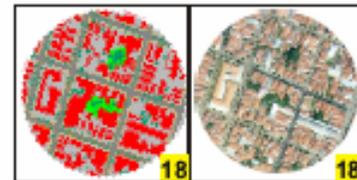
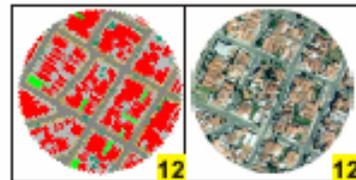
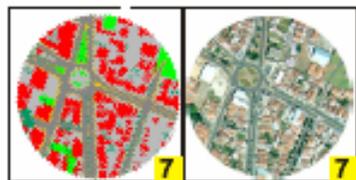
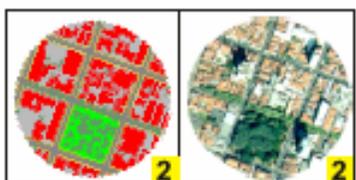
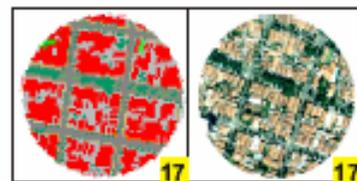
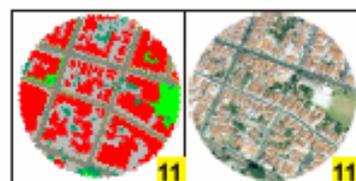
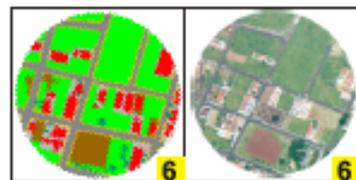
	(%) I.Ocup.	(%) GRA	(%) ARV	(%) CIM	(%) ASF	ALT	HAB	Tmin	ΔTmin	Tmax	ΔTmax	Ampl	Δ Amp	ÂSol	ΔÂ	água
1	29,4	12,4	5,5	35,2	15,1	635	38,9	16,38	-1,9	28,7	2,75	12,32	4,65	48,68	2,74	27,2
2	35,1	6,4	9,8	32,8	15,9	670	78,1	18,28	0	25,56	-0,39	7,28	-0,39	43,65	-2,29	22,4
3	45	5	5,8	26,1	18,1	665	35	18,66	0,38	26,34	0,39	7,68	0,01	43,47	-2,47	22,3
4	36,4	0	11	38	14,6	680	74,8	17,52	-0,76	26,34	0,39	8,82	1,15	45,01	-0,93	22,2
5	35,9	3,9	9,2	35,7	15,3	680	56,1	17,14	-1,14	28,31	2,36	11,17	3,5	45,14	-0,8	22,4
6	11,7	41,9	1,9	15,1	21,2	620	28,5	16,38	-1,9	26,34	0,39	9,96	2,29	46,65	0,71	28,1
7	27,6	5,4	3,6	41	22,4	715	88,6	16,38	-1,9	28,31	2,36	11,93	4,26	45,06	-0,88	23,1
8	37,9	2,8	4,8	33,8	20,7	686	83,8	18,66	0,38	24,79	-1,16	6,13	-1,54	46,16	0,22	26
9	21,5	32,5	3	25,8	17,2	695	56,5	18,28	0	25,95	0	7,67	0	45,94	0	28,1
10	3,3	41,5	13,5	6,7	12,6	645	16,8	15,62	-2,66	28,31	2,36	12,69	5,02	43,94	-2	100
92	21,5	32,5	3	25,8	17,2	695	56,5	21	0	29,5	0	8,5	0	37,96	0	28,1
11	43,5	5,2	5,6	30,4	15,3	710	104	20,3	-0,7	29,4	-0,1	9,1	0,6	34,69	-3,27	23,6
12	37,9	1,9	2,7	35	22,5	722,5	112,6	21,3	0,3	32	2,5	10,7	2,2	37,27	-0,69	23,5
14	30,2	10,5	1,8	35	22,5	702,5	111,9	20,2	-0,8	30,2	0,7	10	1,5	34,55	-3,41	24,1
15	23,7	11,3	7,3	34,3	18,4	711	83,8	21,3	0,3	28,5	-1	7,2	-1,3	37,32	-0,64	22,8
16	27,4	4,7	3,7	47,5	16,7	667,5	61,4	21,6	0,6	29,3	-0,2	7,7	-0,8	38,95	0,99	27,8
17	42,1	0,8	7,7	29,1	20,3	667,5	89	20,1	-0,9	30,8	1,3	10,7	2,2	38,6	0,64	26,4
18	34,9	2,3	6	40	16,8	675	86,9	22,9	1,9	33,4	3,9	10,5	2	37,14	-0,82	22,2
19	28,4	12,6	4,1	40,2	14,7	686	45,3	21,6	0,6	30,8	1,3	9,2	0,7	38,95	0,99	29,5
93	21,5	32,5	3	25,8	17,2	695	56,5	24,21	0	34,98	0	10,77	0	3,2	0	28,1
133	25,1	5,6	4,8	45	19,5	722,5	85,5	23,24	-0,97	34,01	-0,97	10,77	0	2,02	-1,18	23,4
83	37,9	2,8	4,8	33,8	20,7	686	83,8	24,4	0,19	33,17	-1,81	8,77	-2	2,01	-1,19	26
20	28,7	4,3	16,7	35,9	14,4	665	66	24,4	0,19	34,85	-0,13	10,45	-0,32	2,39	-0,81	22,8
21	21,7	26	5,9	26,5	19,9	650	89,1	23,63	-0,58	35,27	0,29	11,64	0,87	2,68	-0,52	25,1
22	42,1	1,7	5,1	31,2	19,9	677,5	77,4	24,4	0,19	34,85	-0,13	10,45	-0,32	1,98	-1,22	24,1
23	25,3	4,9	10,2	44,5	15,1	702,5	35,1	24,01	-0,2	32,34	-2,64	8,33	-2,44	0,48	-2,72	24,8
24	38,7	0,6	3,6	37,8	19,3	707,5	70,7	23,63	-0,58	37	2,02	13,37	2,6	2,3	-0,9	22,7
25	18	18,8	9,6	28,1	17,2	675	50	22,86	-1,35	34,01	-0,97	11,15	0,38	2,78	-0,42	22,7
26	35,7	8,5	4,4	34,7	16,7	716	73,3	23,63	-0,58	32,76	-2,22	9,13	-1,64	1,6	-1,6	23,6
94	21,5	32,5	3	25,8	17,2	695	56,5	16,07	0	25,71	0	9,64	0	45,42	0	28,1
28	27,3	13	3,9	40,7	15,1	625	79,9	17,52	1,45	25,95	0,24	8,43	-1,21	45,64	0,22	23,5
29	15,8	26,3	0,9	35,2	21,8	670	88,5	15,23	-0,84	26,34	0,63	11,11	1,47	43,32	-2,1	22,4
30	24,4	8,6	8,4	34,1	23,8	687	41,4	17,9	1,83	26,73	1,02	8,83	-0,81	43,41	-2,01	23,5
31	4,9	40,1	51,4	0	0	635	0	10,21	-5,86	26,34	0,63	16,13	6,49	46,38	0,96	21,9
32	18,2	35,9	4,1	24,5	13,6	677,5	34,7	14,47	-1,6	26,73	1,02	12,26	2,62	41,6	-3,82	24,1
33	0	84,6	0,2	0	3,1	685	5,6	12,55	-3,52	30,31	4,6	17,76	8,12	45,63	0,21	19,5
35	32,5	8,8	3,3	39,8	15,6	690	92,3	14,85	-1,22	27,12	1,41	12,27	2,63	43,53	-1,89	22,5
95	21,5	32,5	3	25,8	17,2	695	56,5	19,92	0	31,37	0	11,45	0	37,96	0	28,1
36	16,8	19,8	20,1	16,6	26,7	660	13,8	19,42	-0,5	30,31	-1,06	10,89	-0,56	37,22	-0,74	22,9
37	27,6	5,4	3,6	41	22,4	715	88,6	17,9	-2,02	33,71	2,34	15,81	4,36	37,05	-0,91	23,1
38	17,2	22,2	7,3	32,3	21	705	22,2	19,04	-0,88	31,93	0,56	12,89	1,44	37,26	-0,7	25,6
39	14,2	25	6,6	22,4	20,6	640	36,2	18,28	-1,64	32,34	0,97	14,06	2,61	40,56	2,6	26,7
40	0,9	43,3	15,6	9,4	16,1	677,5	15,1	19,04	-0,88	31,93	0,56	12,89	1,44	39,15	1,19	26,8
41	6,5	44,4	26,7	10	7,1	670	0,2	17,52	-2,4	30,71	-0,66	13,19	1,74	36,78	-1,18	26,9

Tabela 9.18: Parâmetros dos pontos não monitorados.

PTO	EDI	GRA	ARV	CIM	ASF	ALT	hab/ha	Ang. IncSolar 27 jun.	Ang. IncSolar 05 jul.	Ang. IncSolar 10 ago.	Ang. IncSolar 30 nov.	Agua
45	1,3	65,3	28	0	0	665	0,3	44,56	44,03	36,58	3,19	24,7
46	9,2	39,9	18,8	18,1	14	667,5	2,4	43,58	43,05	35,57	1,58	34
47	11,5	29,4	2,6	27,8	17	685	30,3	46,7	46,18	38,7	1,62	27,9
48	0	69	13,2	0	0	667,5	0,3	43,64	43,12	35,68	4,39	26
49	21,4	18,3	0,7	42,8	16,8	665	101,8	43,87	43,35	35,87	1,98	25,5
50	0	66,1	13,3	0	0	625	0,6	43,76	43,24	35,79	3,8	37,9
51	1,6	69,5	10,8	2	8,6	695	5,2	47,51	46,99	39,53	3,62	24
52	5,9	59,3	7,4	9,6	14,2	705	13,8	46,11	45,59	38,11	1,91	24,3
53	6,7	48,5	3,9	10,2	16,1	650	13,7	43,23	42,7	35,23	2,69	25,2
54	15,3	35,4	3,2	26,7	19,4	635	62,8	47,85	47,32	39,89	5,11	30,1
55	18,2	14,9	2,9	38,5	23	707	94,4	45,32	44,8	37,33	1,81	26,2
56	0	98,6	1,4	0	0	650	0	41,06	40,53	33,11	5,89	28,2
57	1,6	83,9	0	0	0	682,5	2,8	42,01	41,49	34,01	3,18	26,5
58	13,5	35,8	19,2	21	9,6	645	10,6	42,54	42,01	34,56	4,09	26,3
59	7,2	43,5	11	9,6	19,7	667,5	29,2	41,88	41,35	33,89	4,09	27,1
60	0,2	86,7	7,6	0,3	2	650	16	49,33	48,81	41,33	4,52	28,3
61	15,4	11,5	6,8	32,7	23,7	630	44,9	43,03	42,51	35,04	3,29	24,5
62	8,8	31,1	13,9	11	7,7	645	38,1	46,77	46,25	38,8	3,9	27,9
63	4,4	76,9	8,8	6,1	3,2	655	0	46,33	45,81	38,33	1,22	18,4
64	2,7	70,2	4,3	0	4,5	645	0,1	43,74	43,22	35,76	2,89	21,1
65	9,2	29,5	19,7	22,6	11	620	103,4	38,91	38,38	30,9	6,28	25,5
66	11,7	56,1	6,1	13,6	7,1	677,5	14,2	46,07	45,54	38,06	1,41	21,4
67	10,1	40	6,3	0	36,5	682,5	2,8	47,28	46,76	39,28	2,22	19,9
68	27,5	10,5	30,8	22,2	9	680	76,3	44,88	44,36	36,88	1,29	23
69	19,3	13,1	20	6,5	34,3	637,5	0,5	45,19	44,66	37,18	1,11	25,4

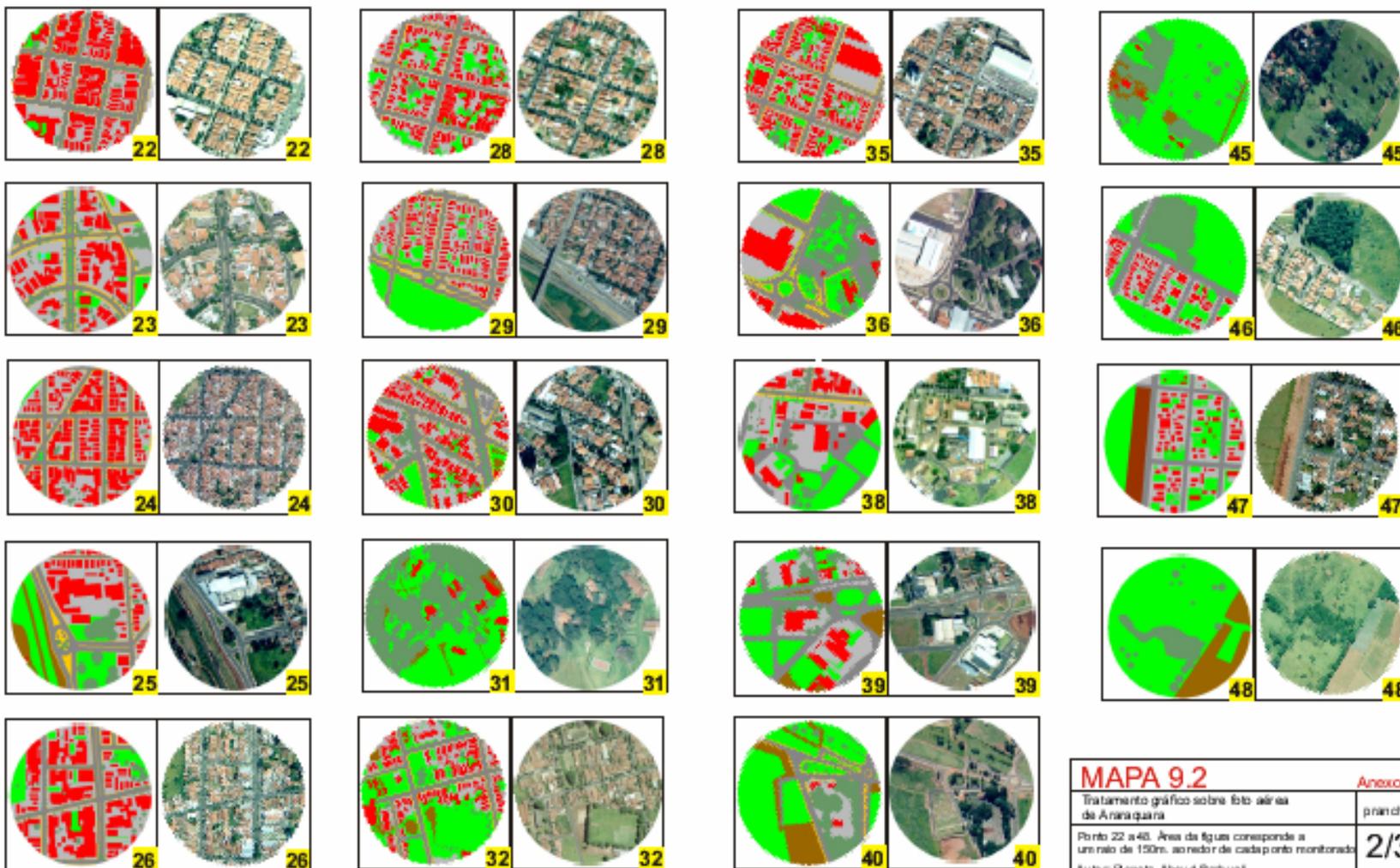
Anexo 4: Tratamento gráfico sobre foto aérea nos 64 pontos da malha urbana

Tratamento gráfico sobre a foto aérea
 Pontos 1 a 21
 Área do círculo = 150 metros ao redor do ponto



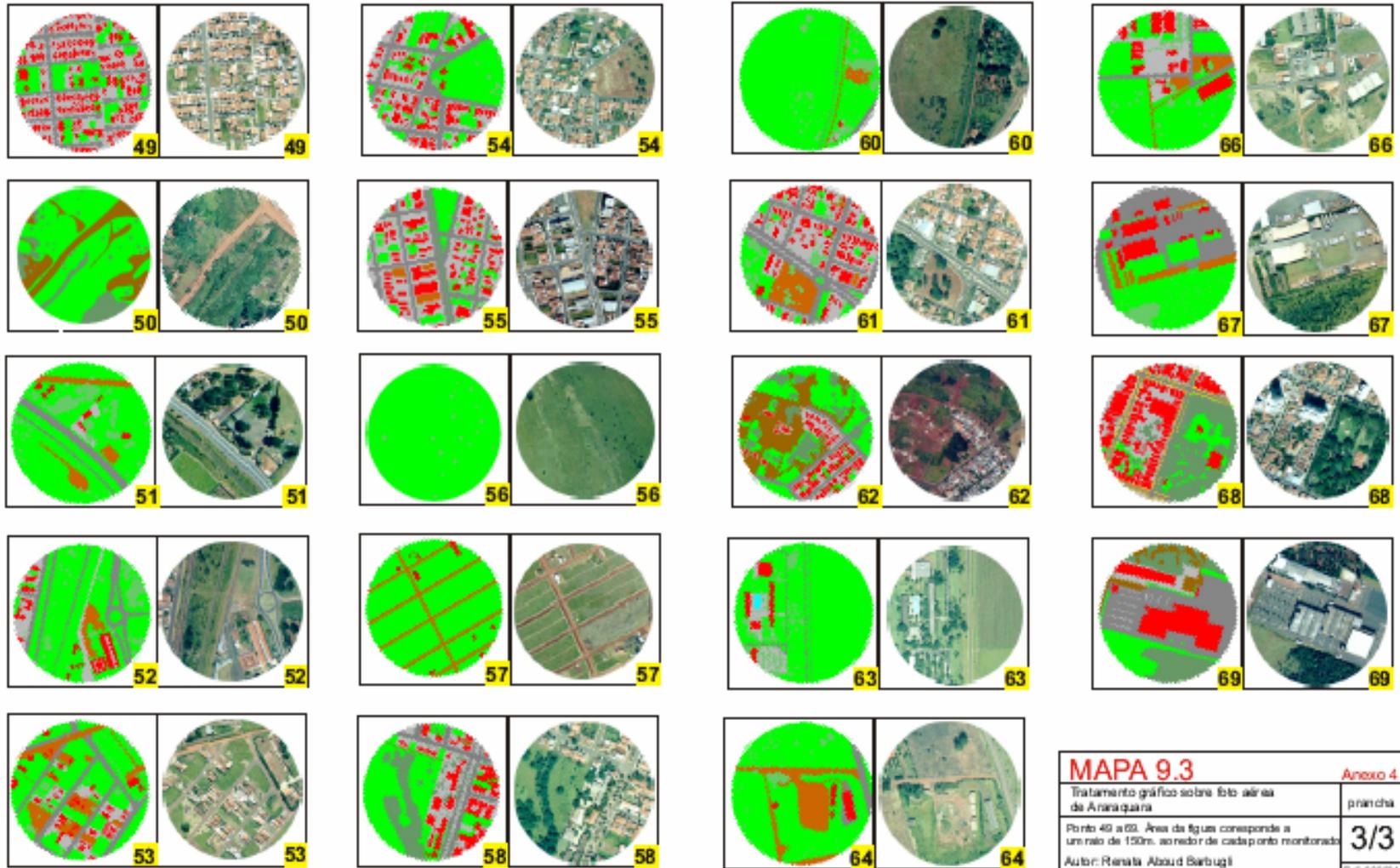
MAPA 9.1		Anexo 4
Tratamento gráfico sobre foto aérea de Anasaquara		prancha
Ponto 1 a 21. Área da figura corresponde a um raio de 150m. ao redor de cada ponto monitorado.		1/3
Autor: Renata About Barbagli		16/06/2004

Tratamento gráfico sobre a foto aérea
 Pontos 22 a 48
 Área do círculo = 150 metros ao redor do ponto



MAPA 9.2		Anexo 4
Tratamento gráfico sobre foto aérea de Anraquara		plancha
Ponto 22 a 48. Área de figuras corresponde a um raio de 150m. ao redor de cada ponto monitorado.		2/3
Autor: Renata Aboud Barbugli		Rev. 02/04

Tratamento gráfico sobre a foto aérea
 Pontos 49 a 69
 Área do círculo = 150 metros ao redor do ponto



MAPA 9.3		Anexo 4
Tratamento gráfico sobre foto aérea de Anaraqara		página
Ponto 49 a 69. Área de figuras corresponde a um raio de 150m. ao redor de cada ponto monitorado		3/3
Autor: Renata Aboud Barbugli		Rev. 02/2014